資料　５-２

総合資源エネルギー調査会 省エネルギー基準部会
変圧器判断基準小委員会
最終取りまとめ（案）

平成２３年１２月

経 済 産 業 省

変圧器は、総合エネルギー調査会省エネルギー基準部会変圧器判断基準小委員会最終とりまとめ（平成１４年４月３日）において、変圧器の製造事業者又は輸入事業者（以下「製造事業者等」という。）の判断の基準が示され、平成１８年度（２００６年度）に油入変圧器が、平成１９年度（２００７年度）にモールド変圧器が目標年度を迎えた。

このため、第１４回省エネルギー基準部会（平成２１年１２月２４日）において、油入変圧器及びモールド変圧器の新たな目標基準値等を検討するため、「変圧器判断基準小委員会」を設置し、変圧器の製造事業者等の判断の基準等（対象となる変圧器の範囲、変圧器の区分、目標基準値、測定方法、表示事項等）について審議を行い、以下のとおり中間取りまとめを行った。

なお、本取りまとめは、これまでの審議における変圧器を対象とした審議内容のものとなっており、柱上変圧器については引き続き行われる本小委員会にて審議を行うものとする。

１．現行基準の評価【参考２参照】

平成１８年度（２００６年度）に目標年度を迎えた油入変圧器について、エネルギー消費効率の出荷台数による加重平均値は、６３６Ｗとなり、また、平成１９年度（２００７年度）に目標年度を迎えたモールド変圧器のエネルギー消費効率の出荷台数による加重平均値は、１，３５０Ｗとなった。

これらを踏まえると、目標年度における出荷実績に基づくエネルギー消費効率の改善は、変圧器全体の加重平均値で７１１Ｗとなり、トップランナー基準導入前（平成１１年度（１９９９年度）に出荷された製品）のエネルギー消費効率の出荷台数による加重平均値（８１８Ｗ）から１３．１%の改善が図られた。

達成状況については、当時のトップランナー基準を達成した場合の想定値（５７０Ｗ）及び想定改善率（３０．３%）を下回っているが、これは近年の出荷構成として設備に採用される変圧器の容量が小さい製品から大きい製品にシフトしていることに起因する。具体的には、油入変圧器で１９９６～２０００年度平均容量が１４７ｋＶＡから２００８年度平均容量２０６ｋＶＡへ、モールド変圧器で１９９７～２００１年度平均容量が２８３ｋＶＡから２００８年度平均容量３９２ｋＶＡと増加している。

大容量の影響を除いた定格容量別の改善率から評価すると、エネルギー消費効率の改善率は油入変圧器で３４．０%、モールド変圧器で２６．８%であり、変圧器全体としては３２．８%の改善となる。

したがって、製造事業者等の省エネルギーに対する努力の結果、各容量における省エネルギーは進展しており、トップランナー方式の考え方に基づく現行基準は、効果的に機能していると評価できる。

表１．変圧器に係る省エネ性能向上義務の達成状況

機器種別	目標年度	エネルギー消費効率実績値（基準年度）	エネルギー消費効率改善見込値（改善率）	目標年度におけるエネルギー消費効率実績値（改善率）
変圧器	２００６年度（油入） ２００７年度（モールド）	８１８W／台（１９９９年度）	５７０W／台（３０．３%）	７１１W／台 （１３．１%）※1 （３２．８%）※2

※１ 加重平均

※２ 単純平均

注１）見込値とは、基準年度（１９９９年度）のエネルギー消費効率と基準年度の出荷台数及び区分ごとの構成に変化がない前提で、全機器が現行の目標基準を達成した場合の１台当たりの加重平均したエネルギー消費効率の改善率

注２）実績値とは、基準年度（１９９９年度）の加重平均したエネルギー消費効率と目標年度（２００６年度又は２００７年度）の加重平均したエネルギー消費効率の改善率

２．対象とする範囲【別添１参照】

現行基準と同様に、対象となる変圧器は、定格一次電圧が６００Ｖを超え、７，０００Ｖ以下のものであって、かつ、交流の電路に使用されるものとする。

ただし、以下のものは現行基準と同様に特定機器の適用から除外する。

① 絶縁材料としてガスを使用するもの
② Ｈ種絶縁材料を使用するもの
③ スコット結線変圧器
④ ３以上の巻線を有するもの
⑤ 柱上変圧器
⑥ 単相変圧器であって定格容量が５ｋＶＡ以下のもの又は５００ｋＶＡを超えるもの
⑦ 三相変圧器であって定格容量が１０ｋＶＡ以下のもの又は2,０００ｋＶＡを超えるもの
⑧ 樹脂製の絶縁材料を使用する三相変圧器であって、三相交流を単相交流及び三相交流に変成するためのもの
⑨ 定格二次電圧が１００Ｖ未満のもの又は６００Ｖを超えるもの
⑩ 風冷式又は水冷式のもの

３．製造事業者等の判断の基準となるべき事項等

（１）目標年度【別添２参照】

変圧器の目標年度は、油入変圧器、モールド変圧器ともに２０１４年度（平成２６年度）とする。

（２）目標設定のための区分と目標基準値【別添３～４参照】

変圧器製造事業者等が目標年度に国内向けに出荷する変圧器について、（３）により測定したエネルギー消費効率を、下表の区分毎に事業者毎の出荷台数で加重平均した値が目標基準値を上回らないようにすること。

〔エネルギー消費効率の目標基準値〕

区分					基準エネルギー消費効率の目標基準値算定式
区分	種別	相数	定格周波数	定格容量	
Ⅰ	油入変圧器	単相	50Hz	500kVA以下	$E=11.2\cdot(kVA)^{0.732}$
Ⅱ			60Hz	500kVA以下	$E=11.1\cdot(kVA)^{0.725}$
Ⅲ－１		三相	50Hz	500kVA以下	$E=16.6\cdot(kVA)^{0.696}$
Ⅲ－２			50Hz	500kVA超	$E=11.1\cdot(kVA)^{0.809}$
Ⅳ－１			60Hz	500kVA以下	$E=17.3\cdot(kVA)^{0.678}$
Ⅳ－２			60Hz	500kVA超	$E=11.7\cdot(kVA)^{0.790}$
Ⅴ	モールド変圧器	単相	50Hz	500kVA以下	$E=16.9\cdot(kVA)^{0.674}$
Ⅵ			60Hz	500kVA以下	$E=15.2\cdot(kVA)^{0.691}$
Ⅶ－１		三相	50Hz	500kVA以下	$E=23.9\cdot(kVA)^{0.659}$
Ⅶ－２			50Hz	500kVA超	$E=22.7\cdot(kVA)^{0.718}$
Ⅷ－１			60Hz	500kVA以下	$E=22.3\cdot(kVA)^{0.674}$
Ⅷ－２			60Hz	500kVA超	$E=19.4\cdot(kVA)^{0.737}$

備考　Ｅ：変圧器の基準エネルギー消費効率（単位：Ｗ）

※基準負荷率は、変圧器の容量が５００ｋＶＡ以下の場合４０％、５００ｋＶＡ超過の場合５０％

ｋＶＡ：変圧器の定格容量（単位：ｋＶＡ）

（注）準標準品については、各区分毎の基準エネルギー消費効率の目標基準値算定式に以下の数値を乗じた式として取り扱うものとする。

油入変圧器　１．１０　　モールド変圧器　１．０５

（３）エネルギー消費効率の測定方法【別添５参照】

Ⅱ．（２）の変圧器のエネルギー消費効率は、「全損失（W）」とし、無負荷損（W）及び負荷損（W）をＪＩＳ Ｃ ４３０４及びＪＩＳ Ｃ ４３０６に定める方法により測定し、当該全損失は次の式により算出した数値とする。

$$\text{全損失（W）} = \text{無負荷損（W）} + \left(\frac{\mathrm{m}}{100}\right)^2 \times \text{負荷損（W）}$$

上の式において、mは、以下の数値を用いるものとする。

m：基準負荷率

- 容量が５００ｋＶＡ以下の変圧器　４０　（%）
- 容量が５００ｋＶＡ超の変圧器　５０　（%）

（４）表示事項等

① 表示事項

現行基準の変圧器のエネルギー消費効率の表示事項と同様に、以下のイ）～ヌ）の項目を表示事項とする。

イ）品名及び形名
ロ）変圧器の種別（構造）　（油入又はモールド））
ハ）定格容量（ｋＶＡ）
ニ）相数
ホ）定格周波数（Ｈｚ）
ヘ）定格一次電圧及び定格二次電圧（Ｖ）
ト）エネルギー消費効率（全損失（W））
チ）基準負荷率（%）
リ）規格名（標準（ＪＩＳ規格又はＪＥＭ規格）若しくは準標準））
ヌ）製造事業者等の氏名又は名称

② 遵守事項

現行基準の変圧器のエネルギー消費効率の遵守事項と同様、以下の事項を遵守事項とする。

・上記①ト）のエネルギー消費効率（全損失W）は、有効数字３桁以上（但し、１００W未満のものについては、有効数字２桁以上）で表示すること。
・上記①チ）の基準負荷率（%）は、（３）で定める数値を整数で表示すること。
・上記①の表示事項の表示は、性能に関する表示のあるカタログ及び機器の選定にあたり製造事業者等により提示される資料の見やすい箇所に容易に消えない方法で記載して行うこと。

４．省エネルギーに向けた提言等

（１）政府の取組

政府は、エネルギー消費効率の優れた変圧器の普及を図る観点から、使用者及び製造事業者等の取組を促進すべく、普及啓発等の必要な措置を講ずるよう努めること。

（２）製造事業者等の取組

①変圧器の省エネルギー化のための技術開発を促進し、エネルギー消費効率の優れた製品の開発に努めること。

②エネルギー消費効率の優れた変圧器の普及を図る観点から、対象機器のカタログや取扱説明書のほかにも、使用者の機器の選定にあたり製造事業者等が提示する資料の見やすい箇所にエネルギー消費効率を記載するなど、使用者が省エネ性能の優れた変圧器及び適切な容量を選択できるよう適切な情報の提供に努めること。

（３）使用者（ユーザー）の取組

変圧器の購入の際には、エネルギー消費効率の優れた変圧器及び適切な容量の選択に努めるとともに、変圧器の使用にあたっては、適切かつ効率的な使用により省エネルギーを図るよう努めること。

別添１

対象とする変圧器の適用範囲について

１．基本的な考え方

今回対象とする変圧器は、定格一次電圧が６００Ｖを超え、7,０００Ｖ以下のものであって、かつ、交流の電路に使用されるものとする。また、適用範囲としては、容量、電圧等の仕様がＪＩＳ等で規定された標準仕様品のみでなく、非標準仕様の製品（準標準品）も含めることとする。

２．対象範囲の適用除外について

（１）絶縁材料としてガスを使用するもの

絶縁基材として温室効果ガスである六フッ化硫黄を使用している変圧器。その排出抑制が必要であることから、製造が縮小されている。（２００９年度出荷台数　０台）

（２）Ｈ種絶縁材料を使用するもの

主たる絶縁基材としてＪＩＳ　Ｃ４００３「電気絶縁の耐熱クラスと絶縁性評価」に規定された耐熱クラスＨ（許容最高温度１８０℃）を用い、表面をワニス塗布した乾式変圧器。モールド変圧器が普及する以前には防災用変圧器として用いられていたものの、耐電圧が油入より低い、防塵性・耐湿性が劣るためモールド変圧器に比べると頻繁なメンテナンスが必要等の理由により、モールド変圧器の普及に伴い次第に出荷量は減少。　（２００９年度出荷台数　０台）

（３）スコット結線変圧器

三相交流を二相に変換し、各々より単相負荷をとることができる変圧器。三相交流から単相交流負荷をとると不平衡電圧が生じ１次側に影響を及ぼすことから、この影響を軽減するためスコット結線変圧器が用いられる。体積効率の関係上、電鉄信号に用いられる他、主としてビル、工場等の非常用電源系統など小規模設備に使用されることが多い。変圧器全体の出荷量と比較して需要が少ない。（２００９年度出荷台数　３８８台）

（４）三以上の巻線を有するもの

製品毎に巻線容量が指定され、一台で二次側に二種以上の電圧供給を行うなど特殊な用途に供する変圧器。標準品は二巻線であるため二次側においても供給する電圧は一種のみとなるが、工場等において複数の電圧供給が必要となる場合、三巻線や四巻線などの多巻線とする場合がある。変圧器全体の出荷量と比較して需要が少ない。（２００９年度出荷台数 ８４台）

（５）単相変圧器であって定格容量が５ｋＶＡ以下のもの又は５００ｋＶＡを超えるもの

小容量の製品については遮断機、保護継電器、保守照明等の制御用や電鉄信号用など受配電用以外での用途を目的としたものが多く、大容量の製品については併せて用いられる大電流遮断機の容量、電源に与える電圧変動等の制約より需要が少ない。（２００９年度出荷台数　５ｋＶＡ以下　１１９台、５００ｋＶＡ超 １６台）

（６）三相変圧器であって定格容量が１０ｋＶＡ以下のもの又は２，０００ＶＡを超えるもの

小容量の製品については負荷の軽微なモーター等の電源に用いられ、大容量の製品については大型プラント等動力負荷の集中している箇所での電源としての用途が主要であるが、大電流遮断器等の制約により汎用性はなく、需要は少ない。（２００９年度出荷台数 １０ｋＶＡ以下　８３台、２，０００ｋＶＡ超　１４９台）

（７）樹脂製の絶縁材料を使用する三相変圧器であって、三相交流を単相交流及び三相交流に変成するためのもの

灯動共用の小型キュービクル式受電設備用としては油入変圧器が主に使用されており、価格の面からモールド変圧器の需要は少ない。（２００９年度出荷台数　４４台）

（８）定格二次電圧が１００Ｖ未満のもの又は６００Ｖを超えるもの

輸入製品等、国内で一般に用いられる電圧と異なる定格電圧にて動作する機器用の電源に使用されるもの。変圧器全体の出荷量と比較して需要は少ない。（２００９年度出荷台数　２１２台）

（９）風冷式又は水冷式のもの

風冷式の変圧器については発電所、変電所及び特別高圧受配電用等に用いられる大容量品が多く、２，０００ｋＶＡ未満の容量における需要は少ない。（２００９年度出荷台数　１台）

水冷式の変圧器については電気炉で用いられる製品が主であり、高圧受配電用としての需要は少ない。（２００９年度出荷台数　０台）

別添２

変圧器の目標年度等

１．目標年度について

変圧器のエネルギー消費効率の大幅な向上は、省エネ技術・部材の改良が前提となって、法令、規格、仕様書等の効率基準の変更の際に行われることが多く、一般的に変圧器のモデルチェンジは、７～８年程度の間隔で行われているが、エネルギー消費効率を大幅に改善させるには、少なくとも変圧器に１～２回程度のエネルギー消費効率改善の機会を与える必要があると考えられる。

以上のことから、変圧器の目標年度は、油入変圧器の現基準の目標年度である平成１８年度（２００６年度）から８年を経た時期として、平成２６年度（２０１４年度）とすることが適当である。

なお、現行のモールド変圧器については油入変圧器と別区分で目標年度が設定されているところであるが、早期にエネルギー消費効率の向上を図るため、モールド変圧器の目標年度も油入変圧器と同様に平成２６年度（２０１４年度）とすることが適当である。

２．目標年度における改善効果

目標年度におけるエネルギー消費効率（全損失（W））の改善率は、２００９年度の出荷台数及び区分ごとの構成に変化がないとの前提で、現在の目標基準値に対して、１２．５%になることが見込まれる。

＜試算の概要＞

（１）平成２１年度（２００９年度）に出荷された変圧器の目標基準値から出荷台数で加重平均した１台あたりのエネルギー消費効率（全損失（W））

約　５９６．１　W／台

（２）目標年度に出荷されると見込まれる変圧器の目標基準値から出荷台数で加重平均した１台あたりのエネルギー消費効率（全損失（W））

約　５２１．８　W／台

※前提条件として、出荷台数及び出荷構成は２００９年度と同じとした。

（３）エネルギー消費効率の改善率

$$\frac{５９６．１W／台 － ５２１．８W／台}{５９６．１W／台} = 約１２．５\%$$

別添３

変圧器の目標設定のための区分について

１．基本的な考え方

変圧器の区分については、「特定機器に係る性能向上に関する製造事業者等の判断基準の策定・改定に関する基本的考え方について」（第１０回総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 平成１９年６月１８日改定）の原則（以下、「原則」という。）に基づき、区分することとする。

「特定機器に係る性能向上に関する製造事業者等の判断基準の策定・改定に関する基本的考え方について」～抜粋～

原則２．特定機器はある指標に基づき区分を設定することになるが、その指標（基本指標）は、エネルギー消費効率との関係の深い物理量、機能等の指標とし、消費者が製品を選択する際に基準とするもの（消費者ニーズの代表性を有するもの）等を勘案して定める。

原則３．目標基準値は、同一のエネルギー消費効率を目指すことが可能かつ適切な基本指標の区分ごとに、１つの数値又は関係式により定める。

原則４．区分設定にあたり、付加的機能は、原則捨象する。ただし、ある付加的機能の無い製品のエネルギー消費効率を目標基準として設定した場合、その機能を有する製品が市場ニーズが高いと考えられるにもかかわらず、目標基準値を満たせなくなることにより、市場から撤退する蓋然性が高い場合には、別の区分（シート）とすることができる。

原則５．高度な省エネ技術を用いているが故に、高額かつ高エネルギー消費効率である機器については、区分を分けることも考え得るが、製造事業者等が積極的にエネルギー消費効率の優れた製品の販売を行えるよう、可能な限り同一の区分として扱うことが望ましい。

原則６．1つの区分の目標基準値の設定に当たり、特殊品は除外する。ただし、技術開発等による効率改善分を検討する際に、除外された特殊品の技術の利用可能性も含めて検討する。

２．具体的な区分方法

変圧器の区分は、構造、電源相数、電源周波数、容量等の仕様、負荷率により特性が異なり、エネルギー消費効率（全損失）に影響を与えるため、以下のとおり区分する。

（１）基本機能による区分について

① 構造による区分

油入変圧器とモールド変圧器は絶縁、冷却媒体が大きく異なる。前者は絶縁油を用いて鉄心、巻線が容器内に浸漬され、絶縁油の循環で冷却される。後者は、樹脂層と空気を用いており、巻線を樹脂で覆い空気でその表面を冷却する構造である。このような使用材料と構造が違うため、油入変圧器とモールド変圧器に区分する。

② 電源相数による区分

巻線、鉄心構成として三相は低圧、高圧各３巻線と三相三脚鉄心、単相は低圧、高圧各２巻線と単相二脚鉄心が用いられる。この構成より特性が異なるため、単相と三相に区分する。

③ 電源周波数による区分

電源周波数により鉄心に使用する電磁鋼板の素材特性が異なり、また、鉄心に使用する量が異なる。（鉄心磁束密度が周波数に反比例することから通常５０Ｈｚ変圧器は６０Ｈｚ品の鉄心断面積の１．２倍を要する）以上の理由で特性が変わってくるため、電源周波数５０Ｈｚと６０Ｈｚに区分する。

④ 容量による区分

変圧器は特高需要家と高圧需要家により年間平均等価負荷率が異なっていること、及びＪＩＳのキュービクル式高圧受電設備にＪＩＳ品の変圧器（５００ｋＶＡ以下）が採用されることから容量を５００ｋＶＡ以下と５００ｋＶＡ超で区分する。ただし、単相については５００ｋＶＡ超のものは適用範囲の除外品目のため区分を設けない。

（２） 電圧、結線等仕様による区分の取扱いについて

電圧、結線がＪＩＳ標準と異なる準標準仕様品は、最適設計された標準仕様品をベースに変更設計が行われることが一般的であるため、特性が標準仕様の変圧器よりも悪くなる。また、準標準仕様品を個別最適設計することにより標準仕様品レベルの損失に合わせることは、電線種類、鉄心・巻線製造治具数の増加によるコスト高となる。

一方で、区分の簡素化の観点から、準標準仕様品の取扱いは、標準仕様品に区分を設けるのではなく、ある一定の補正を設けることにより、標準仕様品と同一区分とする。標準仕様と準標準仕様品の取扱いは表３－１に示す。

表３－１．標準仕様と準標準仕様品

<table>
<tr><th colspan="2">仕様</th><th>一次電圧（Ｖ）</th><th>二次電圧（Ｖ）</th><th>備考</th></tr>
<tr><td rowspan="2">標準仕様品</td><td>５００ｋＶＡ以下</td><td rowspan="2">６．６ｋＶ</td><td>単相２１０－１０５Ｖ、三相２１０Ｖ</td><td rowspan="2">ＪＩＳ適合品</td></tr>
<tr><td>５００ｋＶＡ超</td><td>三相２１０Ｖ、三相５０Ｈｚ４２０Ｖ、三相６０Ｈｚ４４０Ｖ</td></tr>
<tr><td colspan="2">準標準仕様品</td><td>６．６ｋＶ、６．６／３．３ｋＶ、３．３ｋＶ</td><td>１００Ｖ以上６００Ｖ以下の上記電圧以外</td><td></td></tr>
</table>

（３）目標設定のための区分について

上記（１）～（２）の考え方に基づき、目標設定のための区分を表３－２に示す。

表３－２．変圧器の区分

区分	種別	相数	定格周波数	定格容量
Ⅰ	油入変圧器	単相	５０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅱ			６０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅲ－１		三相	５０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅲ－２			５０Ｈｚ	５００ｋＶＡ超
Ⅳ－１			６０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅳ－２			６０Ｈｚ	５００ｋＶＡ超
Ⅴ	モールド変圧器	単相	５０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅵ			６０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅶ－１		三相	５０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅶ－２			５０Ｈｚ	５００ｋＶＡ超
Ⅷ－１			６０Ｈｚ	５００ｋＶＡ以下
Ⅷ－２			６０Ｈｚ	５００ｋＶＡ超

別添４

変圧器の目標基準値について

１．基本的な考え方

目標基準値の設定にあたっては、トップランナー方式の考え方に基づき、目標基準値を設定する。具体的な考え方は、以下のとおり。

① 目標基準値は、適切に定められた区分ごとに設定する。
② 将来の技術進歩による効率の改善が見込めるものについては、極力その改善を見込んだ目標基準値とする。
③ 目標基準値は区分間で矛盾がないものとする。

２．具体的な目標基準値（基準エネルギー消費効率）の算定式

（１）変圧器の実測値（２００９年度）からの関係式の算出

測定方法が現行基準と同様の方法であるため、今回も変圧器の容量と全損失は両者の対数を取ったときに一次関数とした近似式を用いる。これを指数関数に変形して容量と全損失の関係を一義的に示す。

$$E = A \times (kVA)^{B}$$

ここで　Ｅ：エネルギー消費効率（全損失（W））
　　負荷率４０%時の全損失（５００ｋＶＡ以下）
　　負荷率５０%時の全損失（５００ｋＶＡ超）
ｋＶＡ：変圧器の容量（ｋＶＡ）
Ａ、Ｂ：区分毎の定数

（２）将来の技術進歩によるエネルギー消費効率の改善余地について

変圧器の技術開発については、使用者（ユーザー）の利便性向上とともに、エネルギー消費効率の向上に注力してきているところであり、変圧器のエネルギー消費効率の改善については、鉄心材料及び巻線材料の高性能化、鉄心及び巻線の加工技術改良により、３０%～４０%の損失改善が図られてきた。

今回の目標基準値の設定にあたっては、更に将来の技術見通しとして鉄心材料となる電磁鋼板の更なる特性改善があり、これを反映することとする。

現行のトップランナー変圧器の鉄心材料となる電磁鋼板は、表４－１のＪＩＳ Ｃ ２５５３「方向性電磁鋼帯」の電磁鋼板において汎用的な高配向性で最高特性品である鉄損０．９０W／ｋｇを中心に使用されている。更なる損失特性の改善にあたっては、鉄心材料の開発により高効率な鉄損０．８５W／ｋｇ以下の電磁鋼板を標準的に使用することが必要となる。また、鉄心の製造時に素材の鉄損特性悪化を抑えた加工技術の改善も必要となる。

表４－１　電磁鋼板の損失特性

種　　類		板厚（mm）	鉄損（W／ｋｇ）
高配向性	２３Ｐ９０	０．２３	０．９０以下
	２３Ｐ９５		０．９５以下
	２３Ｐ１００		１．００以下
	２７Ｐ１００	０．２７	１．００以下
	２７Ｐ１１０		１．１０以下
磁区制御	２３Ｒ８５	０．２３	０．８５以下
	２３Ｒ９０		０．９０以下
	２７Ｒ９０	０．２７	０．９０以下
	２７Ｒ９５		０．９５以下

出所：ＪＩＳ Ｃ ２５５３「方向性電磁鋼帯」表１より

よって、電磁鋼板の将来技術の反映として、０．８５W／ｋｇの方向性電磁鋼板とすることで、無負荷損の改善分が５%となることから、これが全損失に及ぼす効率改善分を２．５%として、（１）に加える。

以下、表４－２に、無負荷損改善５%の全損失における効果について、油入変圧器の平均容量１５０ｋＶＡを例として参考に示す。

表４－２　無負荷損改善５%の全損失における効果
（油入変圧器の平均容量１５０ｋＶＡの例）

項　目	ＪＩＳ標準変圧器の特性	$W_{17/50}$-0.85W鉄心採用時の特性
無負荷損失（W）	２７６	２６２
４０%負荷時の負荷損失（W）	２９５	２９５
全損失（W）	５７１	５５７
改善率（%）	―	２．５

注：ＪＩＳ標準変圧器の特性は、一般社団法人日本電機工業会調査のＪＩＳ標準変圧器の平均特性を示す

（３）特殊品の反映

「特定機器に係る性能向上に関する製造事業者等の判断基準の策定・改定に関する基本的考え方について」（第１０回総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 平成１９年６月１８日改定）の原則６に、「１つの区分の目標基準値の設定に当たり、特殊品は除外する。ただし、技術開発等による効率改善分を検討する際に、除外された特殊品の技術の利用可能性も含めて検討する。」とあり、油入変圧器及びモールド変圧器の目標基準値の設定にあたっては、超高効率変圧器（アモルファス合金を用いたものや磁区制御電磁鋼板を更に低磁場で設計したもの）の低損失化技術を反映する目的で表４－３に示す改善率として１．３%を（１）に加える。

表４－３　ＪＩＳ標準品に対する損失改善率

機　　種	油入変圧器	モールド変圧器	計
① 全体の出荷台数（台／年）	４３，６２８	５，０８４	４８，７１２
② 超高効率変圧器の出荷台数（台／年）	６２４	３５０	９７４
③ 特殊品の割合（②／①）（%）	１．４	６．９	２．０
④ 全出荷品が標準品の最小損失とした場合の総損失（ｋW）	２２，０２５	５，１５０	２７，１７５
⑤ 超高効率品の改善損失（ｋW）	２３８	１１１	３４９
⑥ 超高効率変圧器による改善率（%）（※１）（※２）	１．１	２．２	１．３

出所：一般社団法人日本電機工業会調査（※出荷台数は２００９年度出荷実績）

（※１）：超高効率変圧器による改善率は、油入変圧器及びモールド変圧器それぞれにおいて、その出荷台数の全てがＪＩＳ標準品と想定した場合に対する改善率

（※２）：超高効率変圧器の台数割合は２．０%であり、荷重平均による改善率は約１．３%が算出され、平均改善率は約１６５%／台となる。

（４）準標準品の全損失補正率

標準品と異なる電圧や混触防止板付きの仕様の変圧器については、標準品に対する全損失増加を補正乗率として取り扱う。この中には省エネルギー化を促進する意味でメーカ推奨値以外のインピーダンス電圧指定品も準標準品に含める。

準標準品の全損失補正率は、構造的変化はないことより現行判断基準と同様とし、表４－４に示す。

表４－４　準標準仕様の標準電圧品に比べた全損失補正率

機　種	全損失補正率（%）
油入変圧器	１０
モールド変圧器	５

（５）目標基準値の具体的な考え方

変圧器の区分に従い、エネルギー消費効率である全損失の実測値（２００９年度出荷実績）からトップランナー値を求め、目標基準値の検討を行った。

なお、目標基準値の策定にあたっては、次の手順で行うこととした。（図４－１参照）

① 各容量におけるトップランナー値を抽出し、近似線を算出する。（近似式Ａ）

② 近似式Ａの傾きを維持したまま、いずれのトップランナー値も近似式の下方に存在しないように、トップランナー値まで平行移動させる。（近似式Ｂ）

③ 近似式Ｂに、（２）及び（３）で考慮した将来技術による効率改善分及び特殊品による効率改善分を反映し、目標基準値の算定式を策定する。（目標基準値算定式）

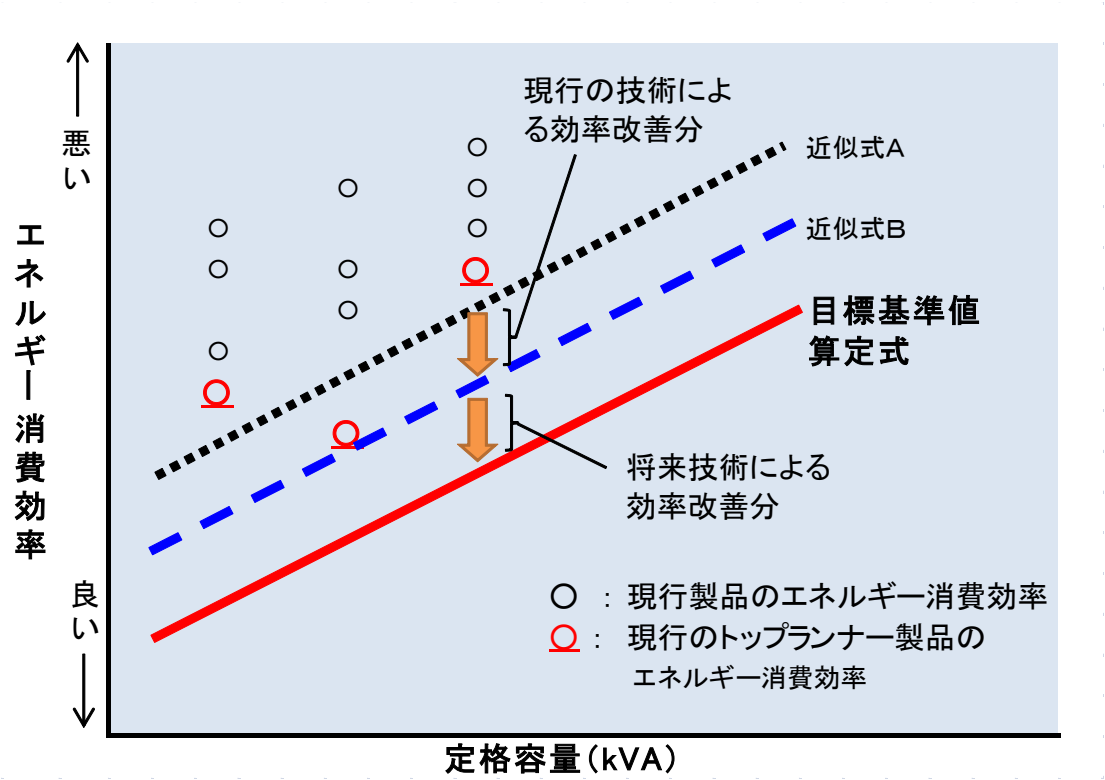


図４－１　目標基準値算定式策定のイメージ

（６）目標基準値の算定式

上記の（１）～（５）を勘案した、変圧器の基準エネルギー消費効率の目標基準値算定式を表４－５及び表４－６に示す。

表４－５　変圧器の各区分の基準エネルギー消費効率の改善率と目標基準値算定式

区分				目標基準値算定式 （ E=A･(kVA)^B ）								
変圧器の種別	相数	定格周波数	定格容量	近似式B		現行技術による効率改善分	将来技術による効率改善分	特殊品の技術による効率改善分	計	目標基準値算定式		現行基準値からの改善
				A	B					A	B	
油入変圧器	単相	50Hz	500kVA以下	11.6	0.732	9.7%	2.5%	1.3%	3.8%	**11.2**	**0.732**	12.8%
		60Hz	500kVA以下	11.5	0.725	9.0%	2.5%	1.3%	3.8%	**11.1**	**0.725**	12.2%
	三相	50Hz	500kVA以下	17.3	0.696	8.5%	2.5%	1.3%	3.8%	**16.6**	**0.696**	11.7%
			500kVA超過	11.5	0.809	6.6%	2.5%	1.3%	3.8%	**11.1**	**0.809**	9.9%
		60Hz	500kVA以下	18.0	0.678	8.0%	2.5%	1.3%	3.8%	**17.3**	**0.678**	11.6%
			500kVA超過	12.2	0.790	10.5%	2.5%	1.3%	3.8%	**11.7**	**0.790**	14.2%
モールド変圧器	単相	50Hz	500kVA以下	17.6	0.674	10.6%	2.5%	1.3%	3.8%	**16.9**	**0.674**	14.2%
		60Hz	500kVA以下	15.8	0.691	12.0%	2.5%	1.3%	3.8%	**15.2**	**0.691**	15.4%
	三相	50Hz	500kVA以下	24.8	0.659	10.6%	2.5%	1.3%	3.8%	**23.9**	**0.659**	13.9%
			500kVA超過	23.6	0.718	7.4%	2.5%	1.3%	3.8%	**22.7**	**0.718**	11.0%
		60Hz	500kVA以下	23.2	0.674	12.1%	2.5%	1.3%	3.8%	**22.3**	**0.674**	15.5%
			500kVA超過	20.2	0.737	10.1%	2.5%	1.3%	3.8%	**19.4**	**0.737**	13.2%

表４－６　変圧器の基準エネルギー消費効率

区分					基準エネルギー消費効率の目標基準値算定式
区分	種別	相数	定格周波数	定格容量	
Ⅰ	油入変圧器	単相	50Hz	500kVA以下	$E=11.2\cdot(kVA)^{0.732}$
Ⅱ			60Hz	500kVA以下	$E=11.1\cdot(kVA)^{0.725}$
Ⅲ－１		三相	50Hz	500kVA以下	$E=16.6\cdot(kVA)^{0.696}$
Ⅲ－２			50Hz	500kVA超	$E=11.1\cdot(kVA)^{0.809}$
Ⅳ－１			60Hz	500kVA以下	$E=17.3\cdot(kVA)^{0.678}$
Ⅳ－２			60Hz	500kVA超	$E=11.7\cdot(kVA)^{0.790}$
Ⅴ	モールド変圧器	単相	50Hz	500kVA以下	$E=16.9\cdot(kVA)^{0.674}$
Ⅵ			60Hz	500kVA以下	$E=15.2\cdot(kVA)^{0.691}$
Ⅶ－１		三相	50Hz	500kVA以下	$E=23.9\cdot(kVA)^{0.659}$
Ⅶ－２			50Hz	500kVA超	$E=22.7\cdot(kVA)^{0.718}$
Ⅷ－１			60Hz	500kVA以下	$E=22.3\cdot(kVA)^{0.674}$
Ⅷ－２			60Hz	500kVA超	$E=19.4\cdot(kVA)^{0.737}$

備考　Ｅ：変圧器の基準エネルギー消費効率（単位：Ｗ）

※基準負荷率は、変圧器の容量が５００ｋＶＡ以下の場合４０％、５００ｋＶＡ超過の場合５０％

ｋＶＡ：変圧器の定格容量（単位：ｋＶＡ）

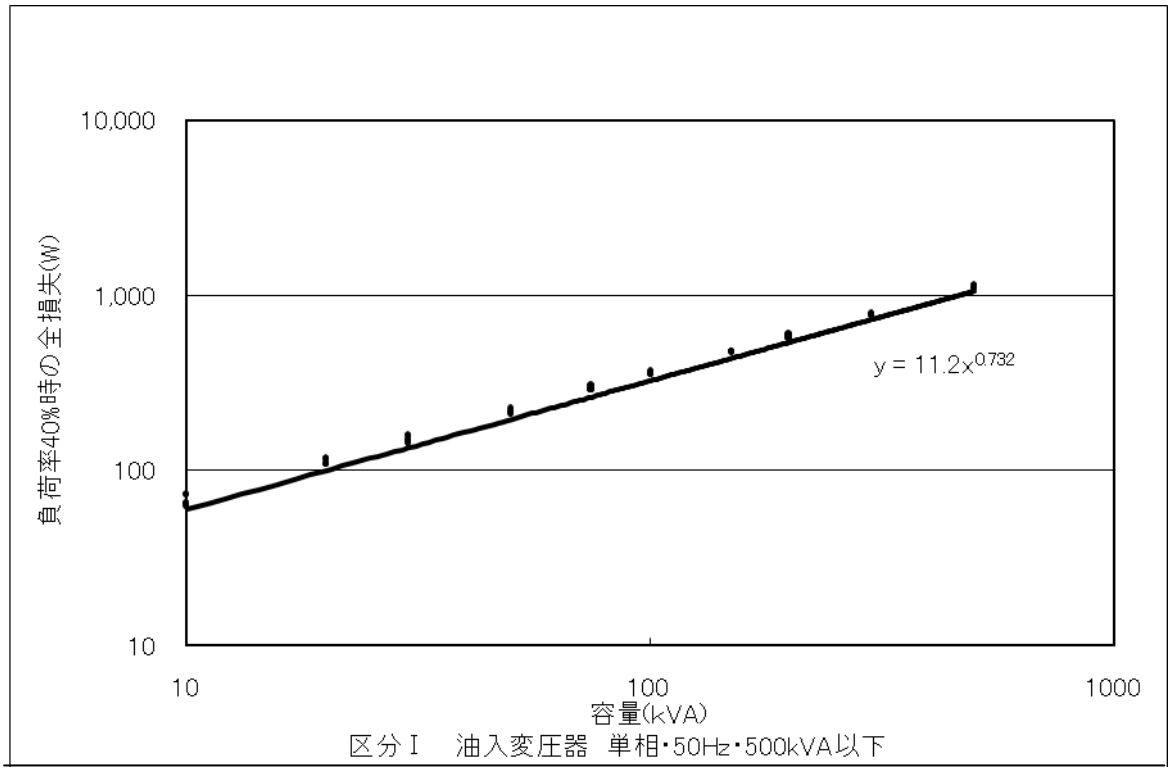
（注）準標準品については、各区分毎の基準エネルギー消費効率の目標基準値算定式に以下の数値を乗じた式として取り扱うものとする。

油入変圧器　１．１０　　モールド変圧器　１．０５

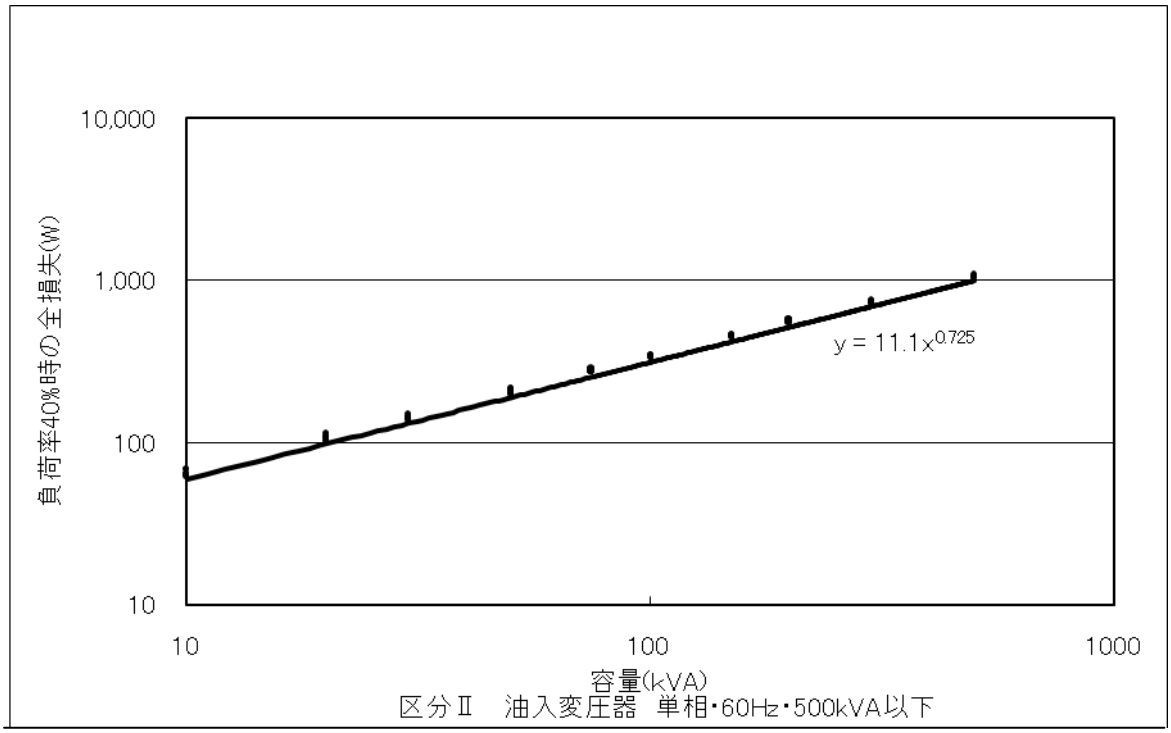
（参考）

１．変圧器の容量とエネルギー消費効率（全損失）の相関

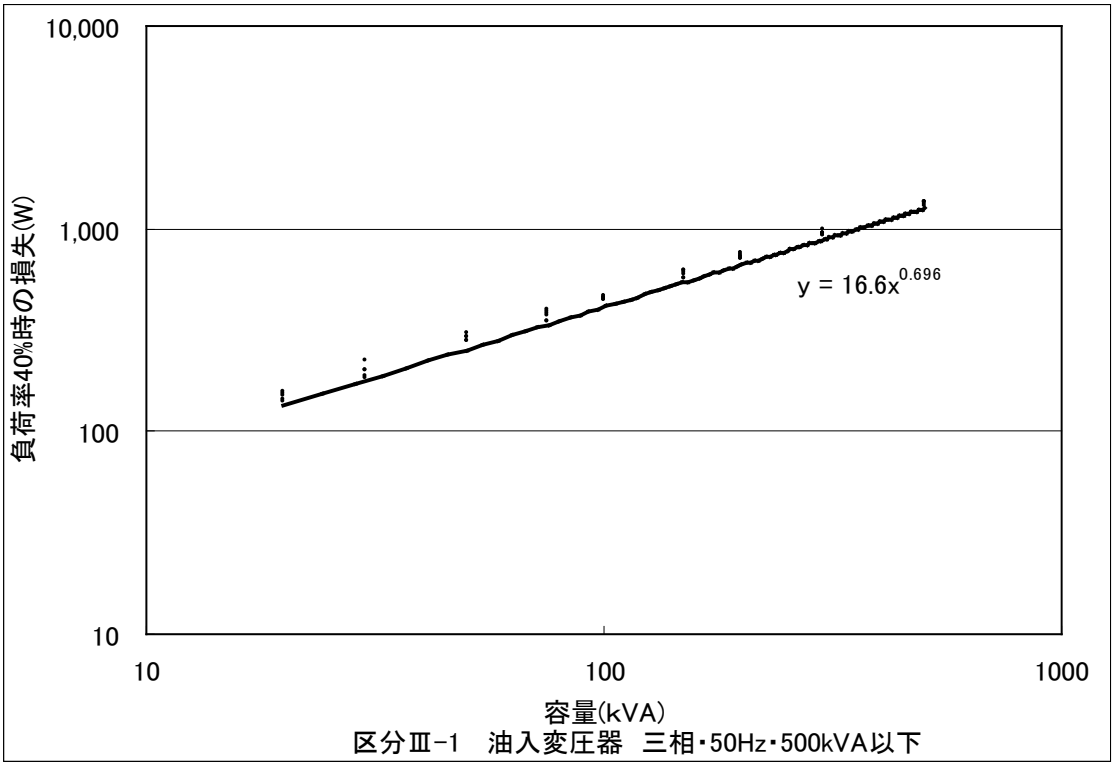
（１）．油入変圧器（区分Ⅰ～Ⅳ－２）



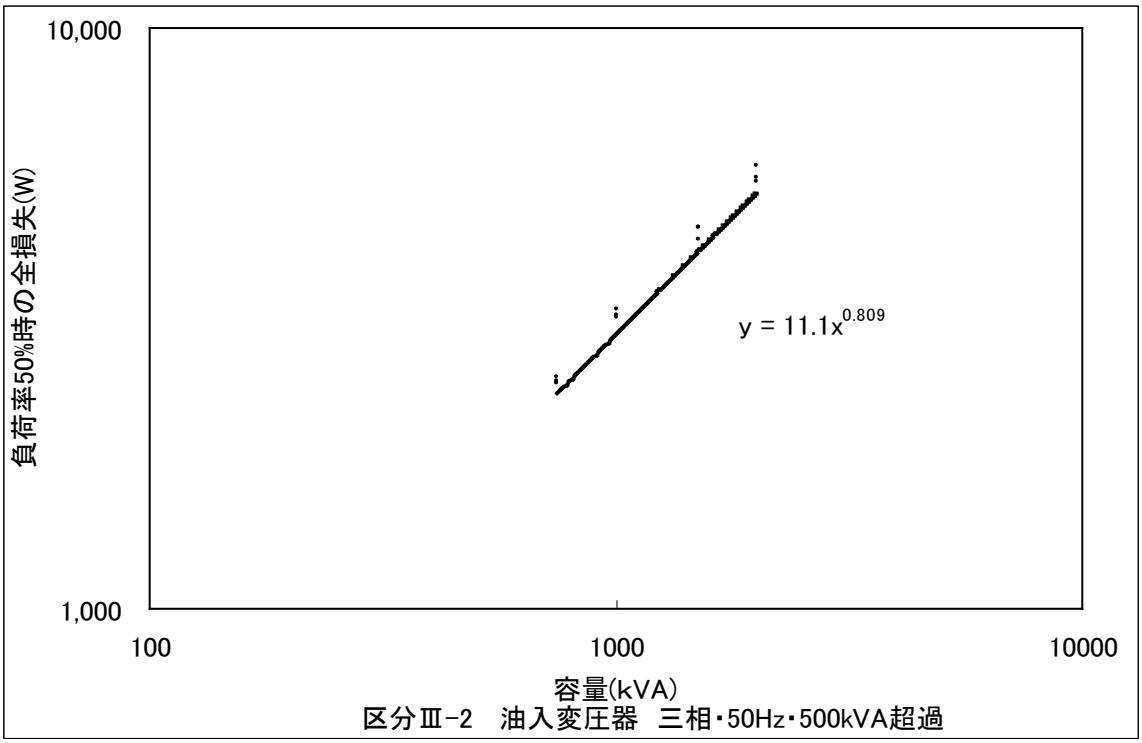
区分Ⅰ　油入変圧器　単相・50Hz・500kVA以下



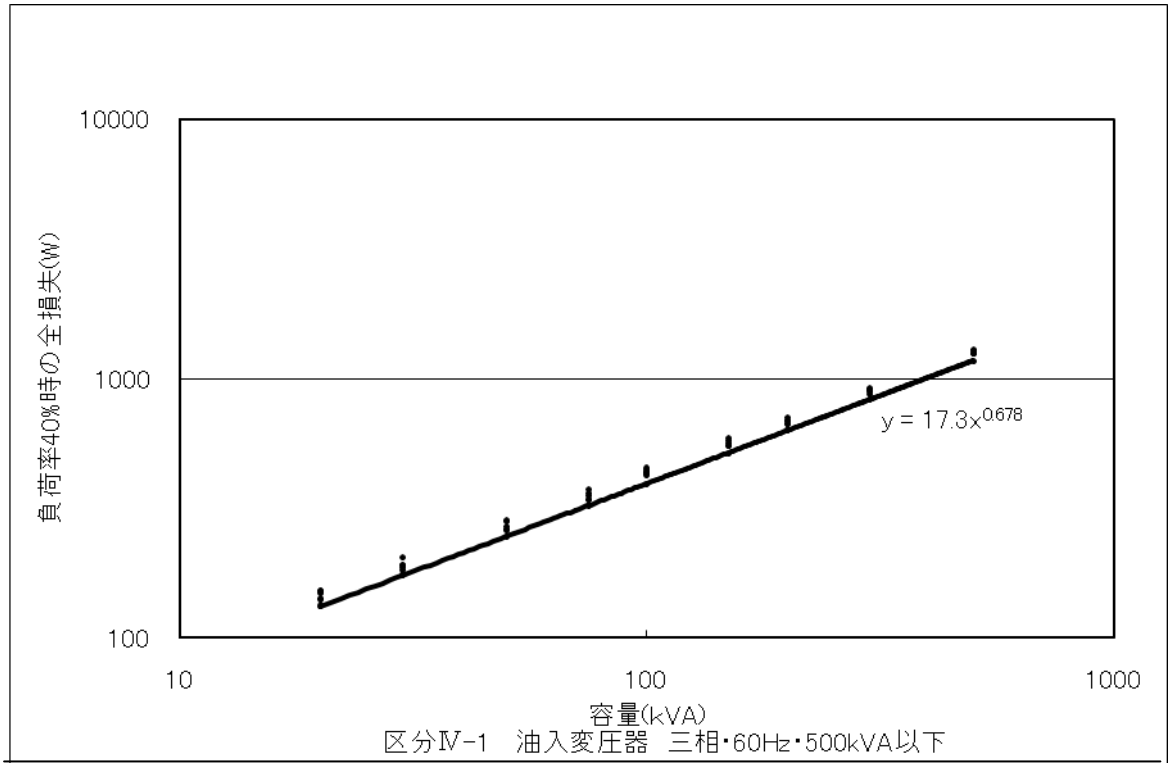
区分Ⅱ　油入変圧器　単相・60Hz・500kVA以下



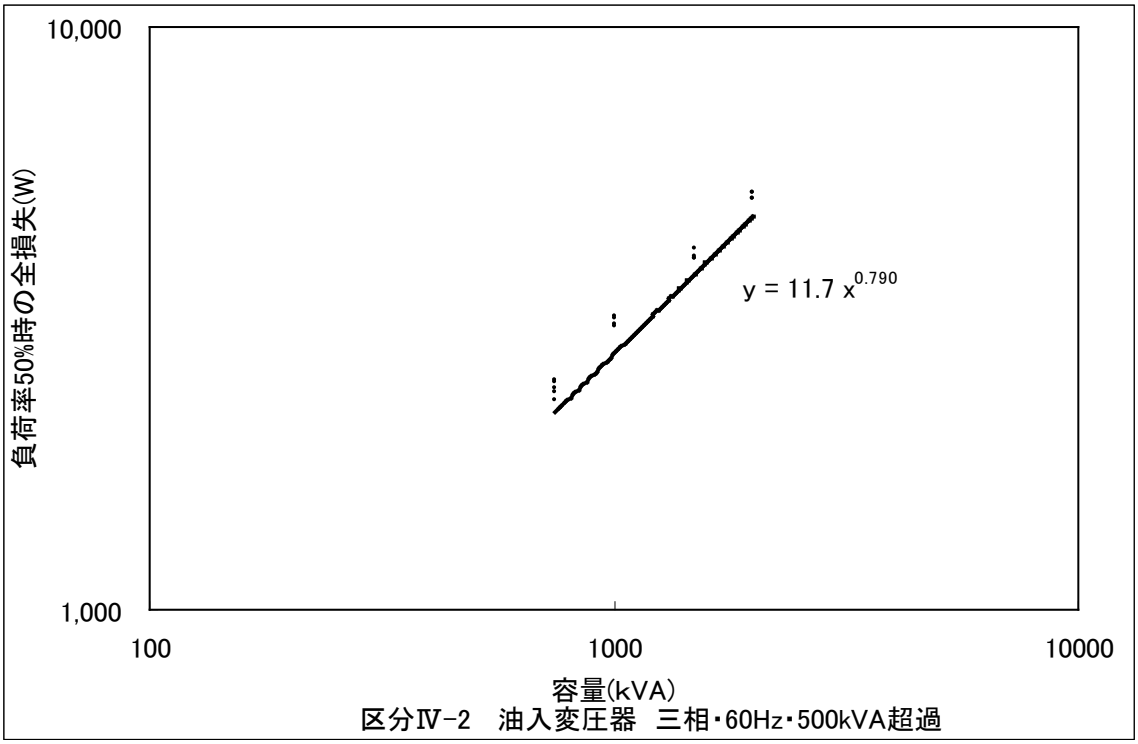
区分Ⅲ-1　油入変圧器　三相・50Hz・500kVA以下



区分Ⅲ-2　油入変圧器　三相・50Hz・500kVA超過

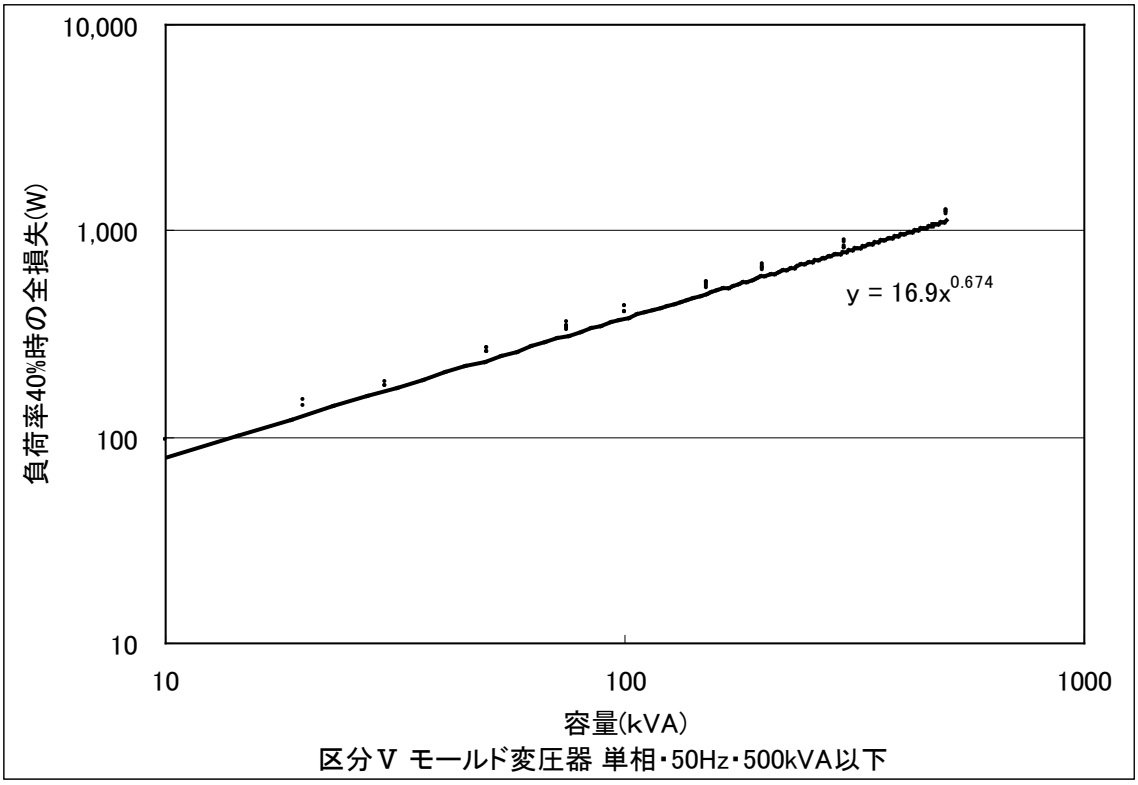


区分Ⅳ-1　油入変圧器　三相・60Hz・500kVA以下

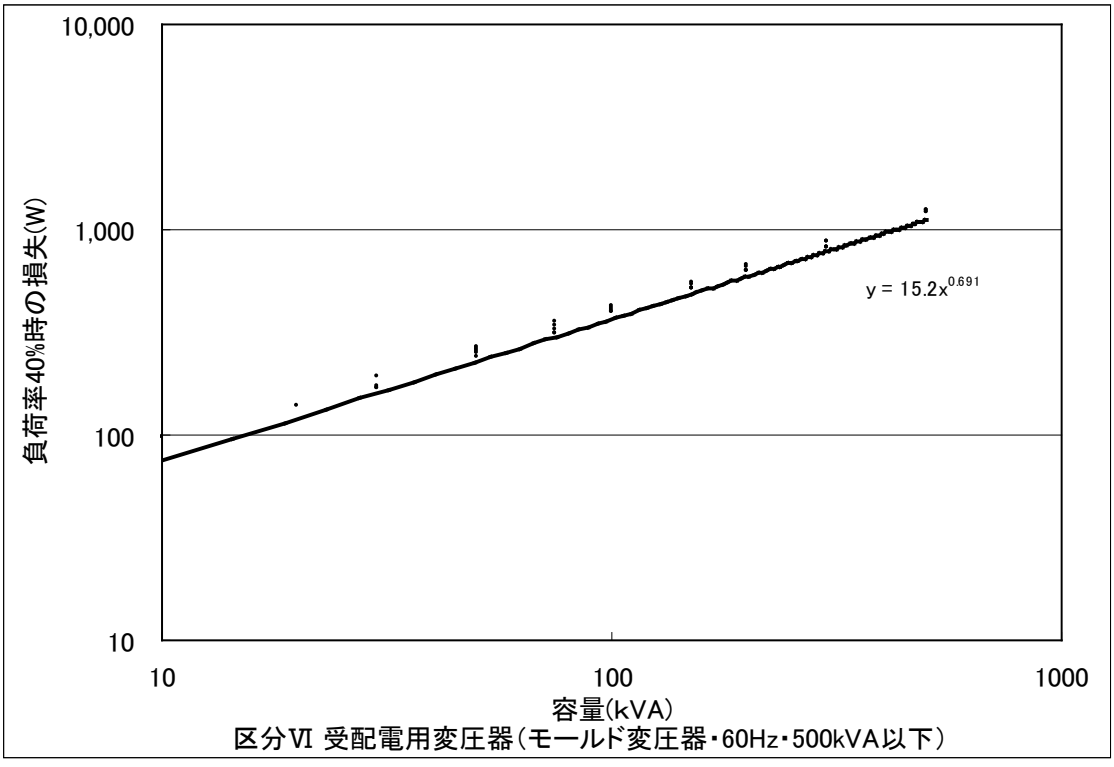


区分Ⅳ-2　油入変圧器　三相・60Hz・500kVA超過

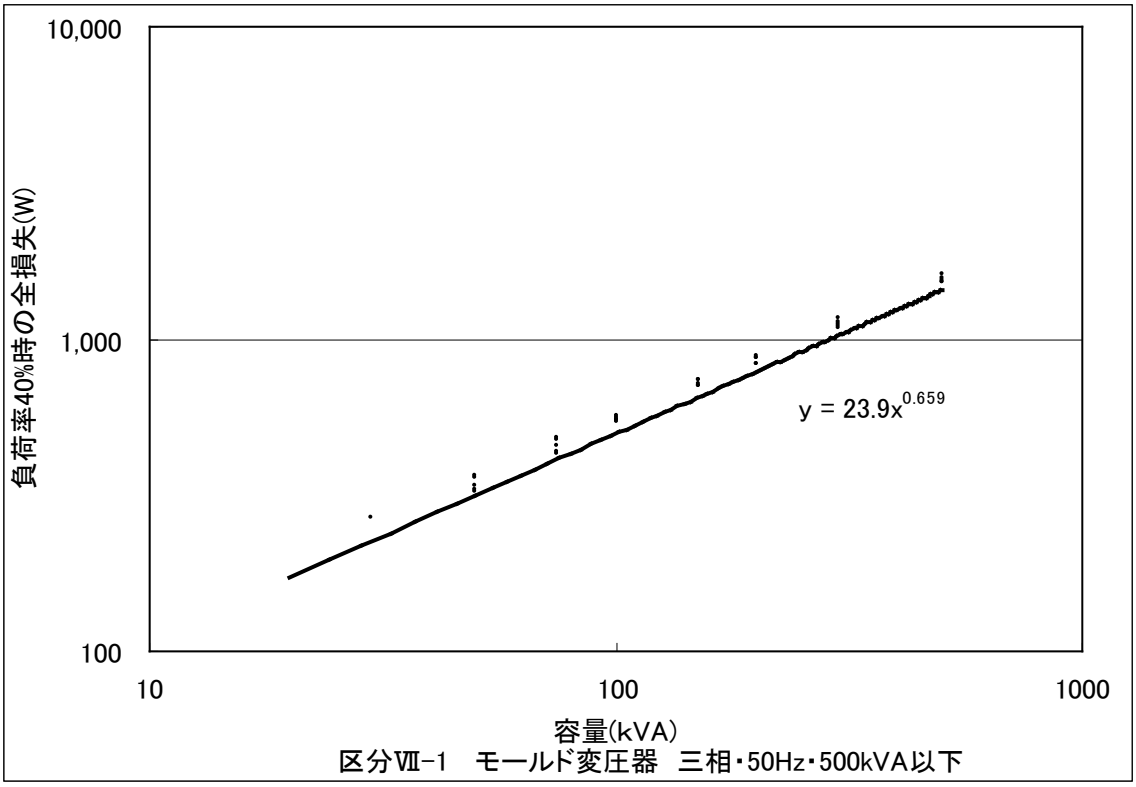
（２）．モールド変圧器（区分Ⅴ～Ⅷ－２）



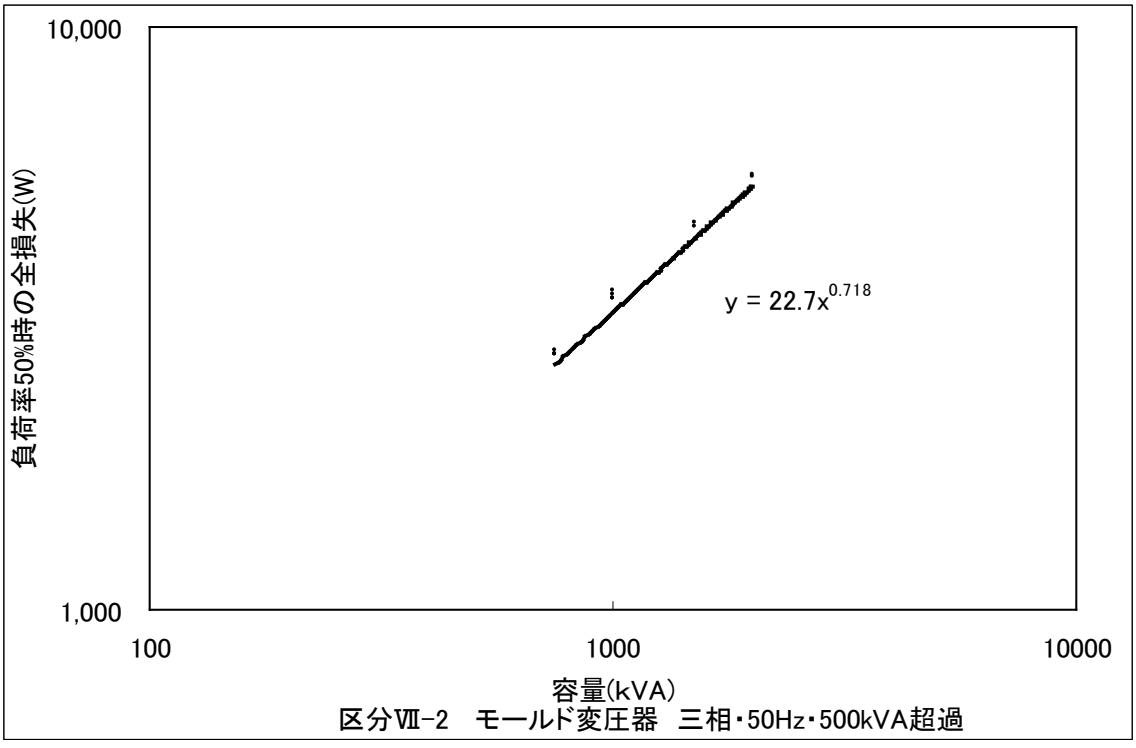
区分Ⅴ モールド変圧器 単相・50Hz・500kVA以下



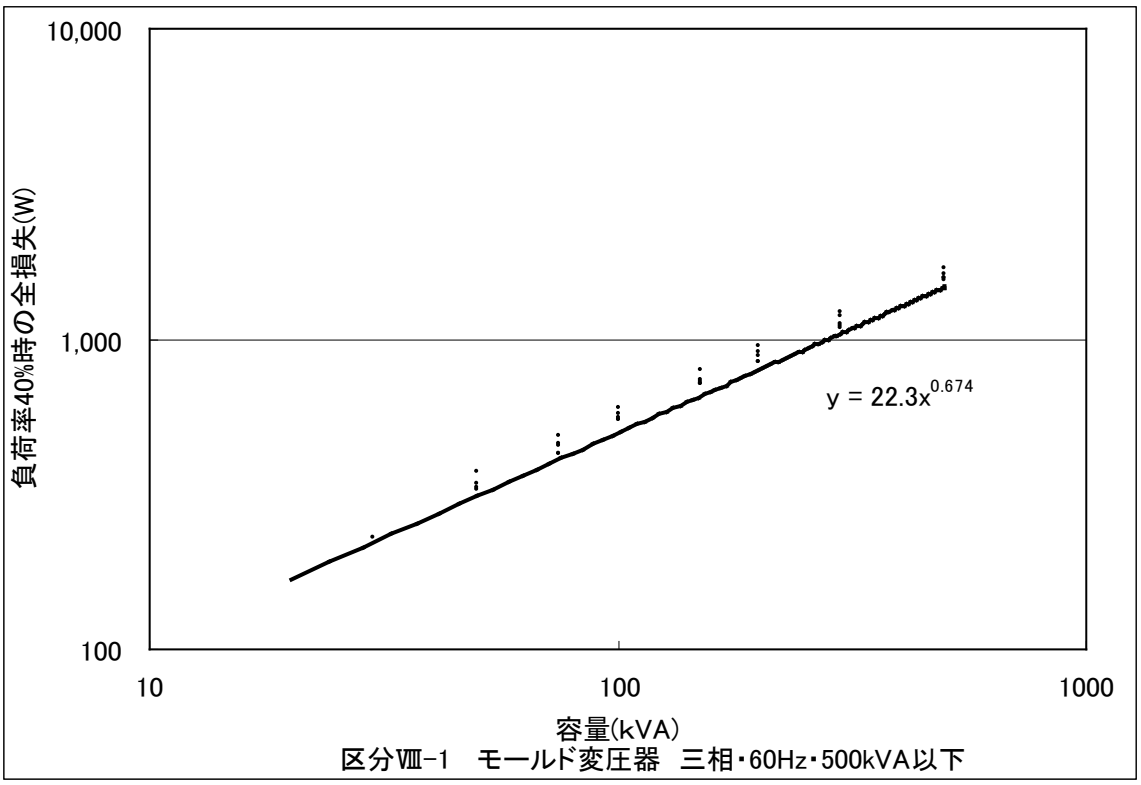
区分Ⅵ 受配電用変圧器（モールド変圧器・60Hz・500kVA以下）



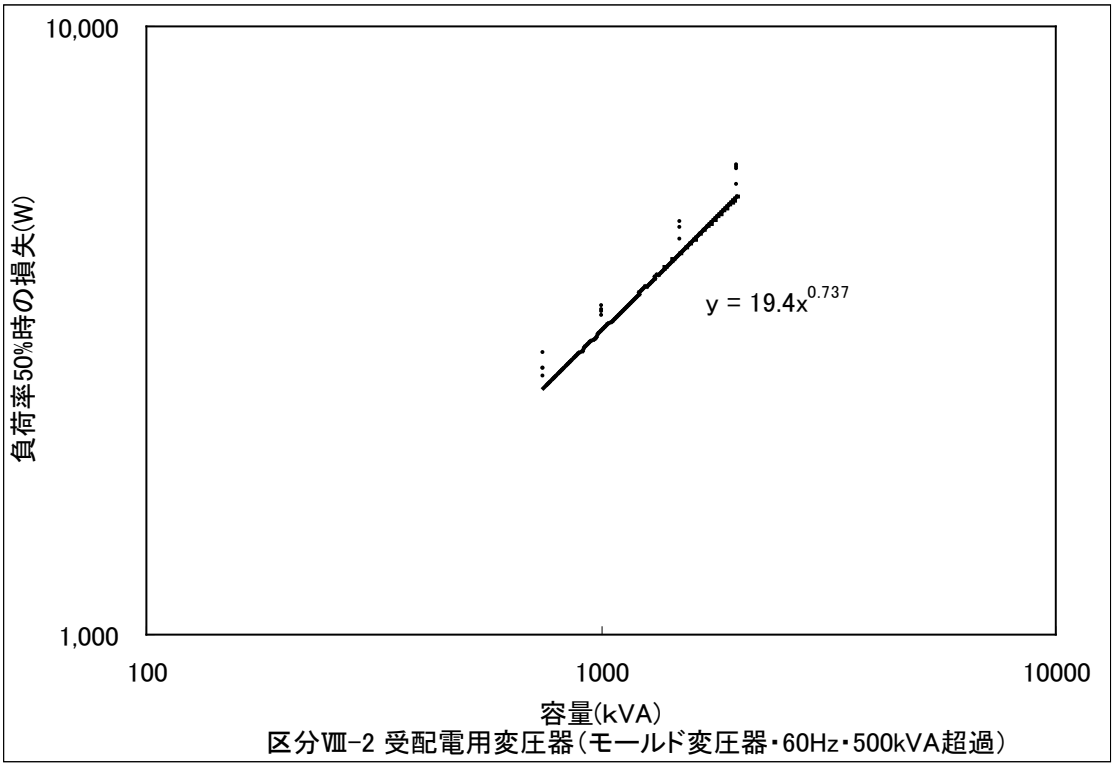
区分Ⅶ-1　モールド変圧器　三相・50Hz・500kVA以下



区分Ⅶ-2　モールド変圧器　三相・50Hz・500kVA超過



区分Ⅷ-1　モールド変圧器　三相・60Hz・500kVA以下



区分Ⅷ-2 受配電用変圧器（モールド変圧器・60Hz・500kVA超過）

別添５

変圧器のエネルギー消費効率及びその測定方法について

１．　基本的な考え方

変圧器については、平成１４年度から特定機器に指定されており、エネルギー消費効率及びその測定方法に関しては、ＪＩＳ　Ｃ　４３０４「配電用６ｋＶ油入変圧器」及びＪＩＳ　Ｃ　４３０６「配電用６ｋＶモールド変圧器」に規定する全損失（W）が採用されている。

新基準の検討においても、変圧器のエネルギー消費効率を評価する現実的な指標として、引き続き採用することが妥当と考える。

２．　具体的なエネルギー消費効率及びその測定方法

（１）エネルギー消費効率について

変圧器のエネルギー消費効率は無負荷損[1]、負荷損[2]及び負荷率を踏まえた全損失（W）とし、次式により算出。

$$\text{全損失（W）} = \text{無負荷損（W）} + \left(\frac{\text{m}}{100}\right)^2 \times \text{負荷損（W）}$$

上の式において、mは、以下の数値を用いるものとする。

m：基準負荷率（別紙参照）

- 容量が５００ｋＶＡ以下の変圧器　４０　（%）
- 容量が５００ｋＶＡ超の変圧器　５０　（%）

なお、現行基準では、以下の理由から損失（W）をエネルギー消費効率としており、特段の状況変化がないことから引き続き損失をエネルギー消費効率とする。

変圧器のエネルギー消費効率について効率[3]を用いた場合、有効出力に対し損失は極めて小さく、省エネルギー効果が小数点以下の数値となる。また、省エネルギー量を算出する場合に損失への換算が必要となり、その取り扱いが不便

---

[1] 無負荷損：交番磁束により鉄心に発生する渦電流損失、ヒステリシス損失等を合わせたもの
[2] 負 荷 損：巻線部における抵抗により、特に二次側の負荷電流により生じる損失
[3] 効率：{有効出力（容量×m）／（有効出力（容量×m）＋mでの損失)}

となる。このため、絶対値として取り扱いやすく、単位がW（ワット）で示され効果計算等他への転用が容易である等の理由から損失を用いることとしている。なお、エネルギー消費効率とした損失は、定められた負荷率で使用した際に発生する損失である。

（２）エネルギー消費効率の測定方法について

無負荷損及び負荷損の測定方法については、ＪＩＳ Ｃ ４３０４「配電用６ｋＶ油入変圧器」及びＪＩＳ Ｃ ４３０６「配電用６ｋＶモールド変圧器」に規定する「９．２ 巻線抵抗測定」、「９．３ 無負荷電流及び無負荷損試験」、「９．５ 負荷損及び短絡インピーダンス試験」によるものとする。

別　紙

基準負荷率について

基準負荷率の設定にあたっては、基準負荷率により負荷損が大きく変動する（無負荷損の３～８倍）ことを踏まえ、①使用実態に則した値であること、②実際に使用される負荷率が変動した際にも十分な省エネ効果を発揮することについて配慮する必要がある。こうした観点から、妥当な基準負荷率の設定に向けて検討を行った。

１．ＪＩＳに基づく定格容量の種別

高圧受配電用設備の規格であるＪＩＳ　Ｃ　４６２０「キュービクル式高圧受電設備」では変圧器１台の容量５００ｋＶＡ以下を適用範囲としている。

これは、受電容量４，０００ｋＶＡ以下の高圧需要家が設置する変電設備（キュービクル）であっても、搭載される変圧器は５００ｋＶＡ以下で構成されるなど、変圧器全体の出荷台数の太宗を占めているためである。

一方、５００ｋＶＡ超の変圧器は、特別高圧需要家の中規模・大規模工場の動力電源が主要な用途である。

このように、変圧器の使用形態は５００ｋＶＡを境に違いがある。

キュービクル式高圧受電設備は変圧器、開閉器、計測器、保護装置を内蔵した配電盤です。その内変圧器は動力負荷用の三相変圧器と照明･コンセント負荷用の単相変圧器2台を収納しています。主要な用途は小規模工場、店舗、公共設備（学校、公民館）、小規模ﾋﾞﾙの電源設備です。

２．基準負荷率の選定について

（１）基準負荷率の調査結果

社団法人日本電機工業会及び社団法人日本配電制御システム工業会が２０１０年度に実施したユーザー企業への年間の負荷率の調査によれば、５００ｋＶＡ以下が昼間３６．４%、夜間９．７%、平均２６．６%、５００ｋＶＡ超が昼間４７．１%、夜間２９．６%、平均３９．３%となっている。

ただし、この結果については、進相コンデンサによる力率の補正を加味する必要がある。

受電設備における変圧器二次側の負荷力率は、通常０．８０～０．８５で、変圧器の実負荷率は高圧受電端より高い。一般的に高圧受電端では力率０．９５を目標に進相用コンデンサを挿入していることから、変圧器の実質負荷率は１２～１９%高くなっている。

これを踏まえれば、実質的な負荷率は５００ｋＶＡ以下が１１%～４２%程度、５００ｋＶＡ超が３４%～５４%程度と考えられる。

（２）基準負荷率の妥当性

上記（１）の調査によれば、需要家の用途別の平均負荷率は表１のとおり推移している。

表１　需要家の用途別の平均負荷率比較

	２００１年度	２０１０年度
工　　場	４０．８%	３１．４%
ビ　　ル	１９．７%	２９．４%
公共施設	２１．０%	４０．８%

需要家の用途別の負荷率は差異が大きく、負荷率の推移にも一貫性が見られない。

すなわち、一定の基準負荷率を定めるにあたっては、実際の負荷率を踏まえつつも、その使われ方（負荷率の変動）によらず、省エネルギー効果を発揮するよう配慮が必要である。

図１に、平均的な三相２００ＫＶＡの変圧器（現行平均）を２０%効率改善した製品について、それぞれ基準負荷率が２０、３０、４０、５０、６０%で最高効率となるよう設計した場合の全損失の値を示している。また、図２は、現行平均を１として指数で表したものである。図２に示すとおり、基準負荷率を４０%で最高効率となるよう改善した変圧器は、全域において現行品を上回る効率となり、基準負荷率は中間的な値を選定することで実効性のある省エネ基準を設けることができる。逆に極端な負荷率を用いた場合、実使用と齟齬すれば使用者（ユーザー）に対して不利益を与えることとなる。

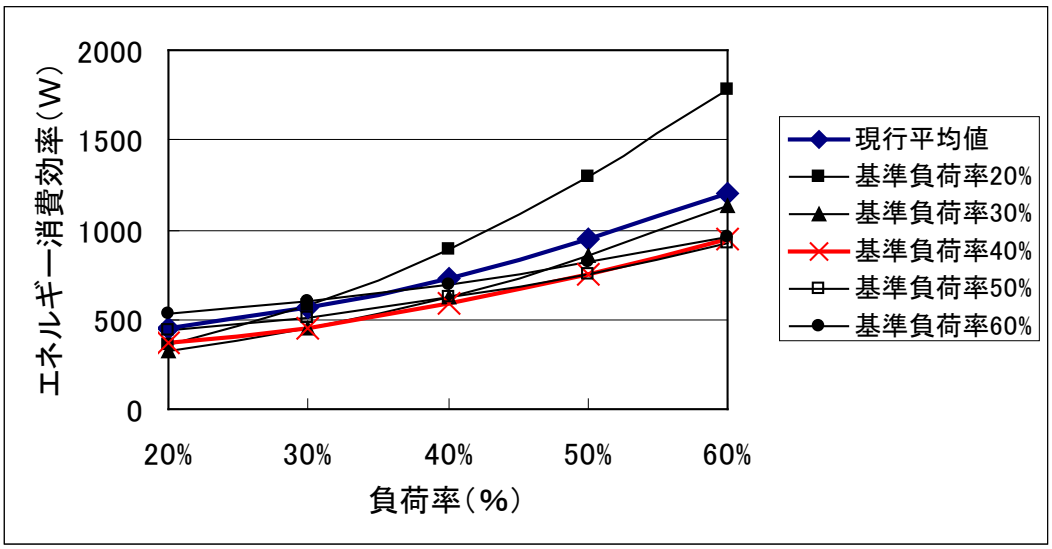


図１　最適負荷率別 負荷率－全損失特性

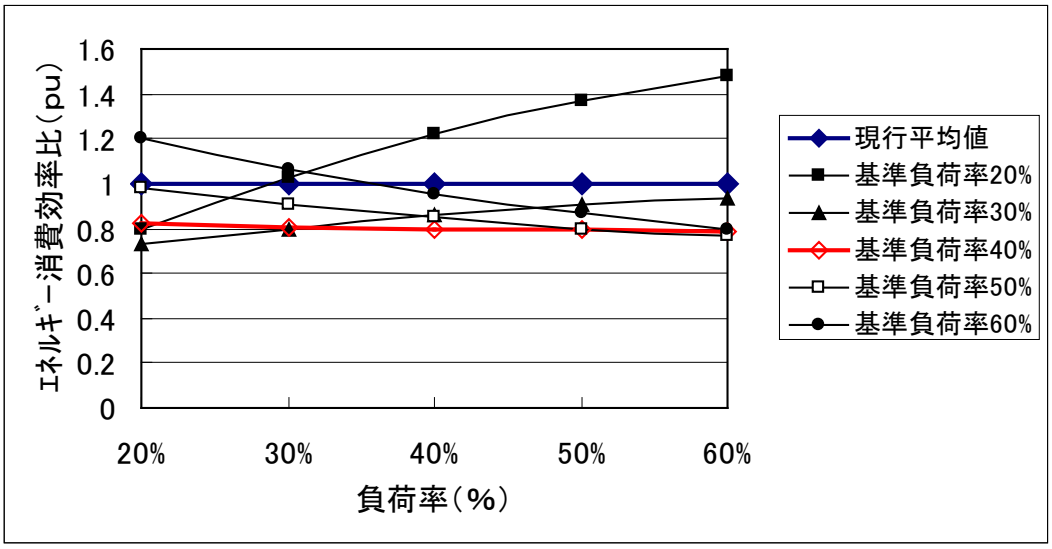


図２　最適負荷率別 負荷率－全損失特性

３．具体的な基準負荷率について

以上を踏まえ、新基準の検討においても現行の判断基準と同様、各容量における基準負荷率を以下のように定めることが適当である。

５００ｋＶＡ以下：　４０％
５００ｋＶＡ超　：　５０％

別添６

総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会
変圧器判断基準小委員会
開催経緯

第１回小委員会（平成２２年６月２９日）
- 変圧器判断基準小委員会の公開について
- 変圧器の現状について
- 変圧器の達成状況について
- 変圧器の適用範囲について
- 変圧器のエネルギー消費効率及び測定方法について
- その他

第２回小委員会（平成２３年１１月２８日）
- 柱上変圧器の調査結果について
- 変圧器の目標設定のための区分について
- 変圧器の目標年度及び目標基準値について
- 中間とりまとめについて
- その他

別添７

総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会
変圧器判断基準小委員会委員名簿

委員長	横山　隆一	早稲田大学理工学術院環境・エネルギー研究科 教授
委　員	石渡　賢二	社団法人日本配電制御システム工業会 （大崎電気システムズ株式会社　配電盤設計課長）
	岡本　達希	財団法人電力中央研究所電力技術研究所　首席研究員
	田中　章夫	株式会社住環境計画研究所 計画調査室長 （第２回から鶴崎委員に交代）
	鶴崎　敬大	株式会社住環境計画研究所　研究主幹　（第２回から）
	判治　洋一	財団法人省エネルギーセンター 産業省エネ推進・技術本部長
	堀　洋一	国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
	松崎　洋志	社団法人日本電設工業協会 （株式会社ユアテック設備技術部 技術管理課長）
	望月　良朗	一般社団法人日本電機工業会変圧器・特定機器等判断基準ＷＧ主査（株式会社東芝　静止器開発・設計担当参与）
	安岡　康一	国立大学法人東京工業大学大学院理工学研究科 教授
	吉宮　弘志	株式会社日建設計監理部門シニアエキスパート 技師長
	渡部　裕一	社団法人電気設備学会 （鹿島建設株式会社　設備設計統括グループリーダー）

（五十音順）

参考１

変圧器の現状について

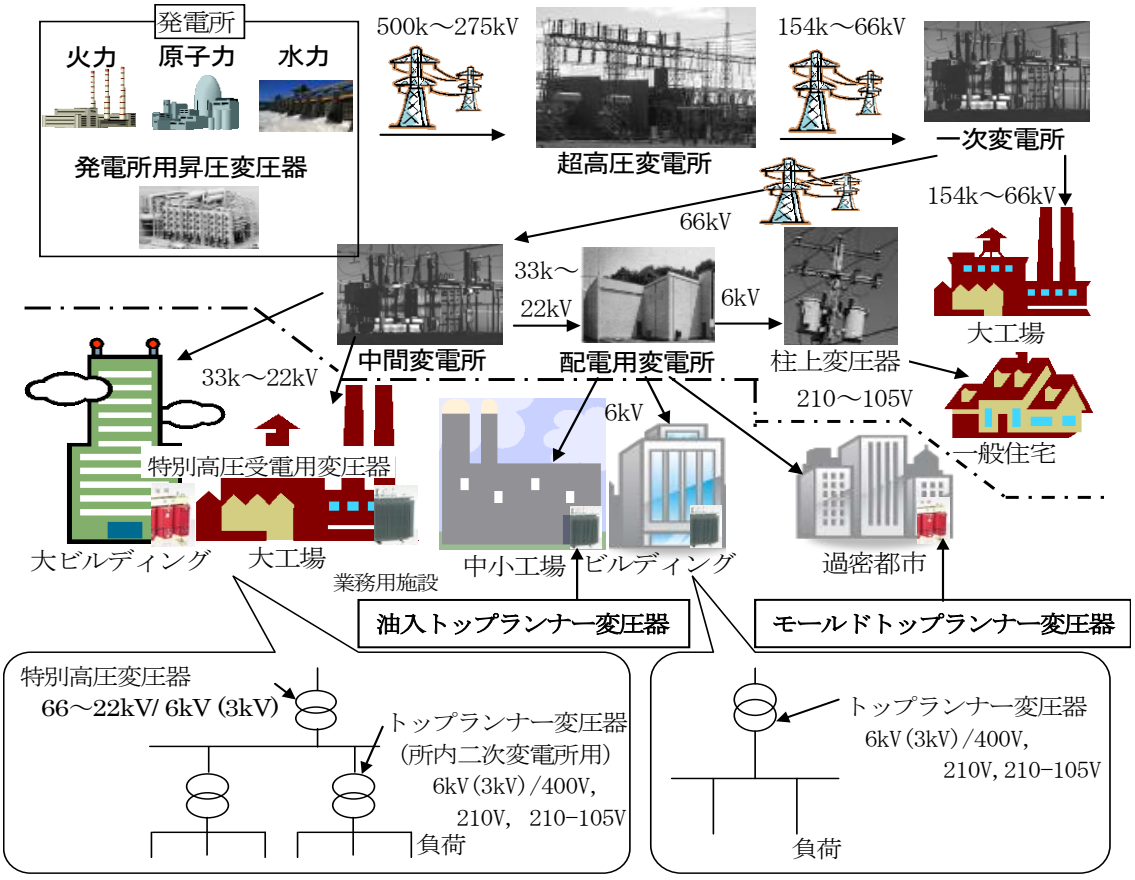
Ⅰ．種類と分類

１．変圧器の働き

発電所で発電された電気は送電線、配電線を通って需要家に送電されるが、変圧器は電気を効率的に送るために使用される機器。発電された電気は、発電所内で、変圧器により適切な電圧に昇圧して送電し、途中の変電所や需要家側の変圧器で所要の電圧に降圧して利用されている。

高圧配電に使用する変圧器は、需要家が自らの設備として設置する変圧器と、電力会社が一般家庭に２００Ｖ／１００Ｖで配電する柱上変圧器がある。

省エネ法のトップランナー基準が適用されるのは、需要家が設置している変圧器で、ビル、工場、業務施設において６ｋＶ配電電圧（一部３ｋＶ）から使用機器に合せて６００Ｖ以下の低電圧に降圧するために使用されている。

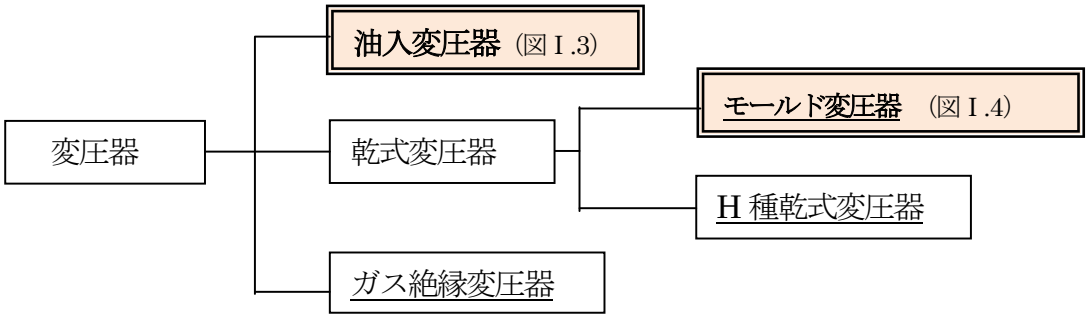


図Ⅰ.１　送配電系統概略図

２．変圧器の種類と構造

２．１　変圧器の種類

変圧器の構造は図Ｉ．２に分類される。この内、トップランナー基準は、油入変圧器とモールド変圧器に適用されている。変圧器の規格からの分類を表Ｉ．１に示す。



図Ｉ．２　変圧器の種類

＜変圧器の種類別－概要＞

油入変圧器：

鉄心と巻線が、絶縁油で満たされた容器内に収納された変圧器。

変圧器全体の約９０％を占めている。

モールド変圧器：

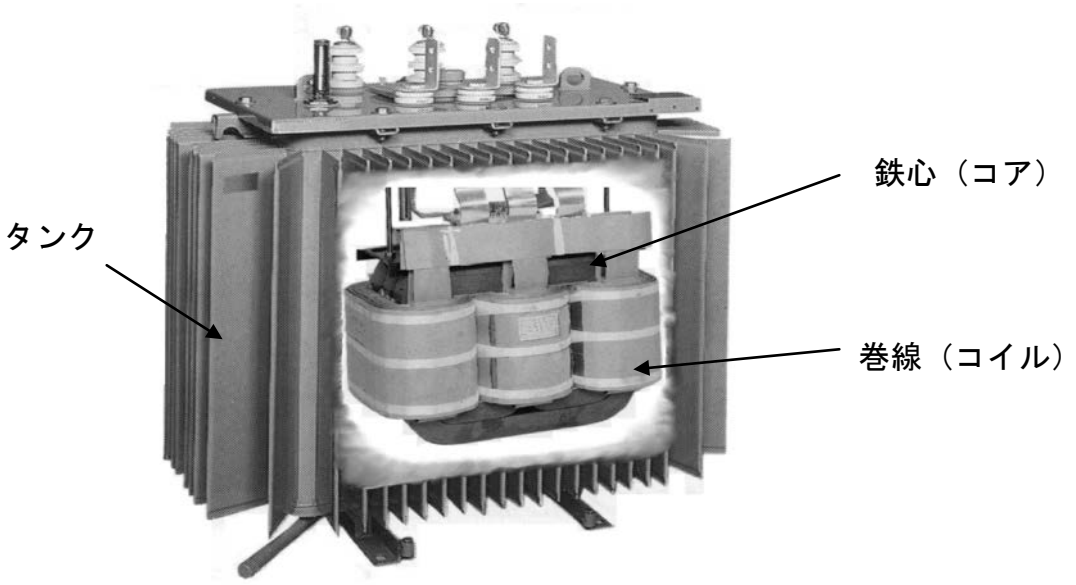
一次巻線、二次巻線の全表面が樹脂又は樹脂を含んだ絶縁基材で覆われた変圧器。

Ｈ種乾式変圧器：

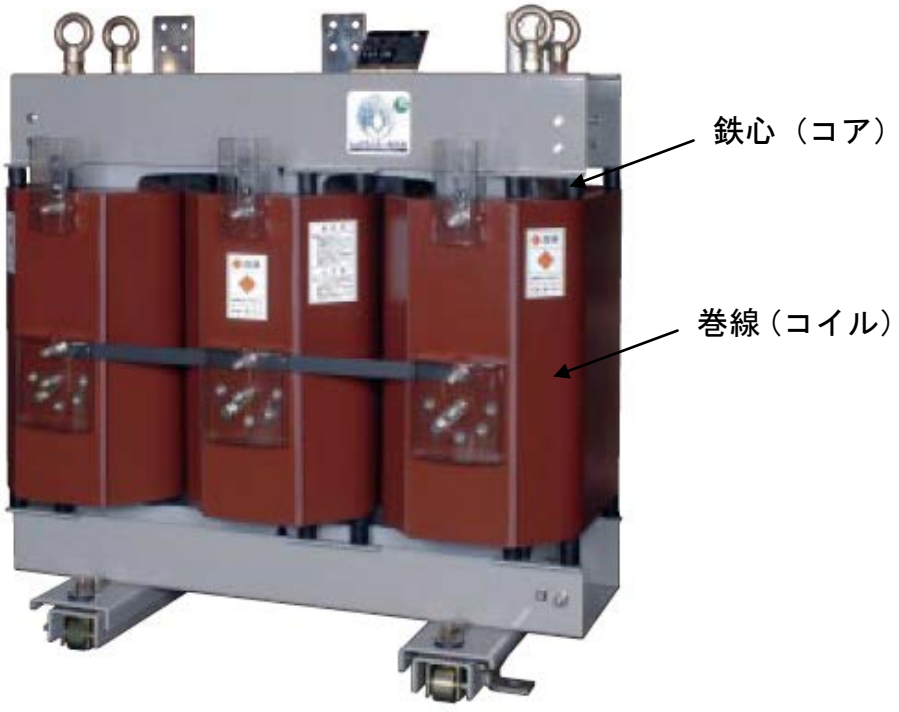
絶縁基材として耐熱クラスＨ（許容最高温度１８０℃）を用い、表面をワニス塗布した乾式変圧器。モールド変圧器の普及により、高圧、特別高圧用は生産量が減少している。

ガス絶縁変圧器：

鉄心と巻線が、不活性ガスを封入した容器内に収納された変圧器。一般に不活性ガスには、六ふっ化硫黄（SF_6）ガスが用いられる。特に防災が重要視される場所に用いられる。高圧用の生産量は僅かである。



図Ⅰ．３　油入変圧器の構造



図Ⅰ．４　モールド変圧器の構造

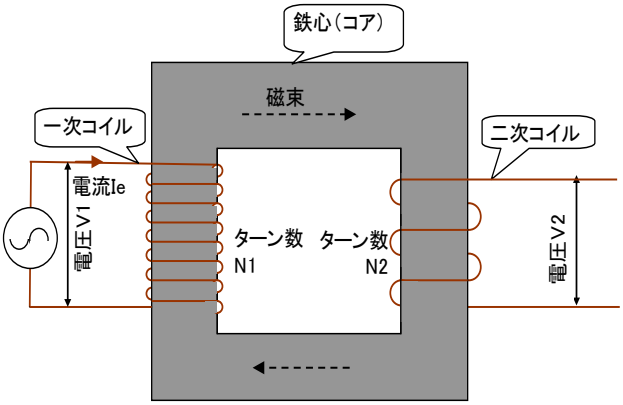
表Ⅰ．１　変圧器の規格からの分類

規格番号・ 規格名称	適用	容量範囲	一次電圧/二次電圧
JIS C 4304 配電用 6kV 油入変圧器	特定機器変圧器判断基準に適合した標準仕様の変圧器に適用	単相: 10,20,30,50,75,100,150,200,300,500kVA 三相: 20,30,50,75,100,150,200,300,500,750,1000,1500,2000kVA	単相 ：6.6kV/210-105V 三相 ：6.6kV/210V （1000kVA 以下） 6.6kV/420V,440V （1500,2000ｋVA）
JIS C 4306 配電用 6kV モールド変圧器			
JEM 1482 特定機器対応の高圧受配電用油入変圧器におけるエネルギー消費効率の基準値	JIS C 4304、JIS C 4306、JEC－2200 に準拠した準標準仕様の変圧器に適用	単 相　10kVA ～ 500kVA 三 相　20kVA ～ 2000kVA	一次電圧 ：6kV,3kV 級 二次電圧 ：100～600V
JEM 1483 特定機器対応の高圧受配電用モールド変圧器におけるエネルギー消費効率の基準値			
JEC－2200 変圧器	JIS C 4304,JIS C 4306, 計器用, 接地,消弧, 半導体電力変換装置用、始動、試験用、車両用、溶接用、通信用変圧器、誘導電圧調整器以外の変圧器に適用	単相 1kVA 以上 三相 5kVA 以上	低圧、高圧、特別高圧の全電圧

２．２　変圧器の原理

変圧器は電磁誘導作用の原理により鉄心を流れる磁束の変化で巻線に起電力を誘起させ、電圧、電流の大きさを変換するものである。

負荷が接続されていない状態で、一次コイルに V1 の電圧が加わると鉄心にＮ１回巻き付けた一次コイルに微少な交流電流Ｉｅが流れ、Ｉｅ×Ｎ１に比例した交番磁束が鉄心の中に発生する。この磁束が二次コイルに電圧を誘起させる。Ｉｅを励磁電流という。一次電圧と二次電圧の比は巻数比に等しい。

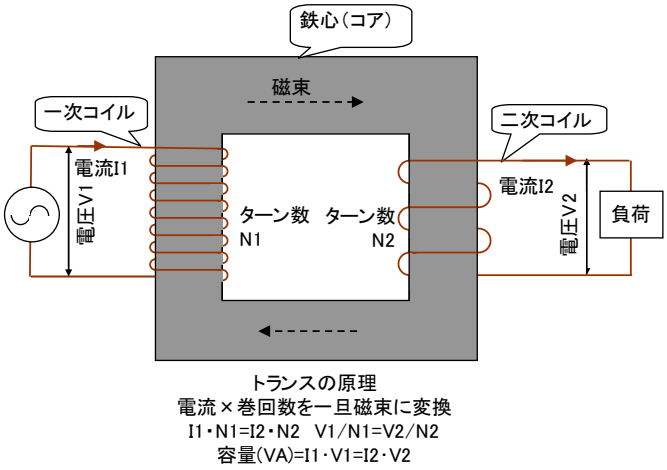


図Ｉ．５　変圧器の原理（無負荷時）

$$\frac{E1}{E2}=\frac{N1}{N2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

電圧をかけた瞬間には大きな電流が流れ、数十サイクル以上後に上記の Ie に安定する。この現象は変圧器に特有で励磁突入電流現象と言われる。無負荷にもかかわらず定格電流の数十倍になることもあり、一次側の遮断器のミストリップを招かないよう保護協調をとる必要がある。

二次巻線に負荷が接続され、電流Ｉ２が流れると巻数に逆比例した電流Ｉ１が流れる。



図Ｉ．６変圧器の原理（負荷時）

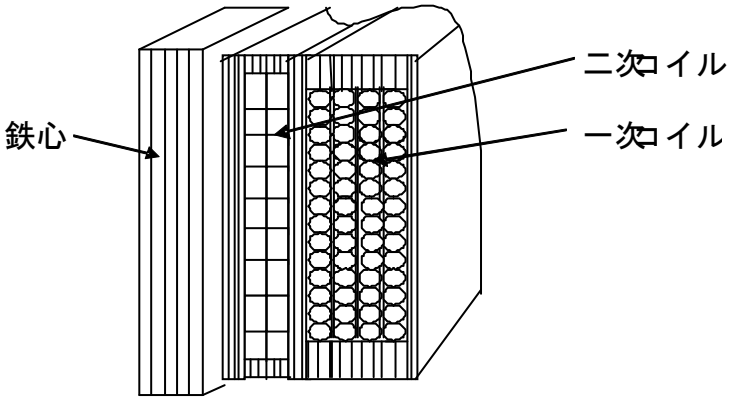
$$\frac{I1}{I2}=\frac{N2}{N1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

（実際には一次側電流は上式のＩ１に励磁電流Ｉｅが加算されるが Ie は微少であるため、無視して考えても良い。なお、負荷の接続により二次電圧Ｖ２は無負荷時より若干電圧降下する。）

（１）、（２）式から次の関係式（３）が導かれる。
一次、二次の電圧×電流はほぼ等しい。

$$V1 \times I1 = V2 \times I2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

図１．５～６の原理図は単相の場合を示し、一次コイル及び二次コイルがそれぞれ鉄心に巻かれて示されているが、実際の変圧器の巻線構造は一次コイル、二次コイルとも鉄心に同軸上に配設される。



図Ｉ．７　変圧器の巻線（コイル）断面

２．３　損失の発生理由と改善策

実際の巻線には抵抗があり、電流が流れることにより損失が発生する。これは二次側の負荷電流の大きさによるもので、負荷損と呼ばれている。

また、鉄心には交番磁束が流れることにより、渦電流損失とヒシテリス損失が発生する。これは負荷の大きさには無関係で無負荷損と呼ばれている。

変圧器は磁束を流す鉄心と電流を流す巻線の構成からなる静止機器で、これまで、巻線の技術、鉄心技術の進歩によりエネルギー効率が向上してきている。下記に主な損失低減技術を記述する。

（１）無負荷損の低減

（ｉ）低損失電磁鋼板材の採用

鉄心の素材である電磁鋼板には、結晶方位性を高めた高配向性電磁鋼板や表面溝加工より磁区を細分化した磁区制御電磁鋼板が採用されている。これらの材料は厚さが０．２３ｍｍと従来のものより薄く、うず電流損とヒステリシス損の両者が低減されており、表Ｉ．２に示す従来主流で使用されていた一般方向性電磁鋼板に較べて３１～３５％鉄損が改善されている。

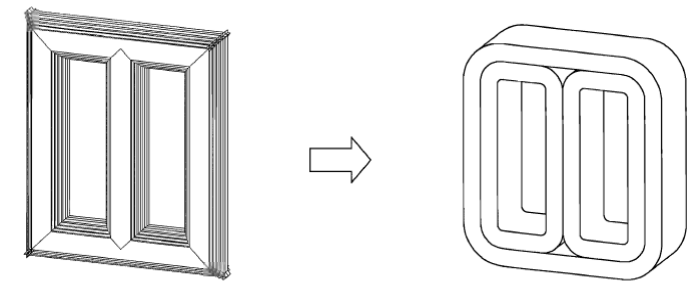
表Ｉ．２　鉄心材料の特性代表値

電磁鋼板の種類 （JISC2553 分類番号）	板厚 （ｍｍ）	鉄損 （W/kg） at1.7T 50Hz
一般方向性電磁鋼板（35G130）	０．３５	１．２８（１００％）
高配向性電磁鋼板（23P090）	０．２３	０．８８（６９％）
磁区制御電磁鋼板（23R085）	０．２３	０．８３（６５％）

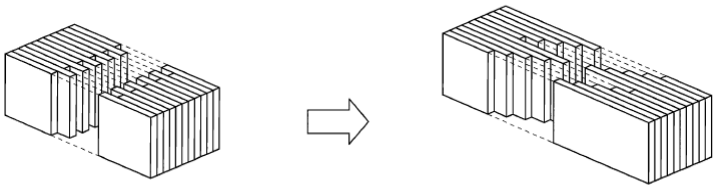
（ⅱ）鉄心構造の改良

無負荷損改善には、鉄心自身を小形化することや鉄心接合部の改善で磁束を流れ易くすること、電磁鋼板の加工での特性低下を減らす等により磁気抵抗を減らす方法が有効である。

トップランナー変圧器では、積鉄心から巻鉄心への採用拡大による鉄心の小形化と接合箇所削減、ステップラップ接合の採用による磁束の整流化によって無負荷損の低減を図っている。



積鉄心　　巻鉄心



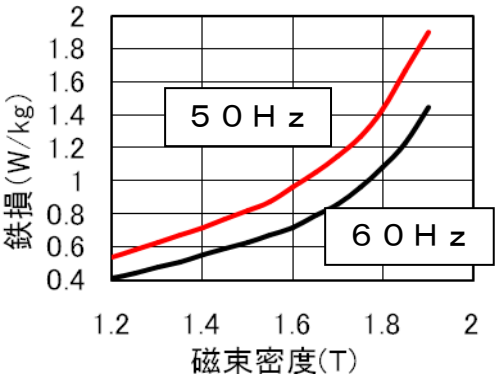
バットラップ接合　　ステップラップ接合

図Ⅰ．８　鉄心構造の改良

（iii）鉄心磁束密度の最適化

鉄損は周波数、磁束密度に比例することから磁束密度を下げることにより無負荷損を低減出来る。

しかし変圧器の大型化、巻線の増大を招くことになり、この手法は変圧器全体の最適化設計により決定する。



図Ⅰ．９電磁鋼板の鉄損特性例

（２）負荷損の低減

負荷損は巻線導体の抵抗損、及び渦電流損、巻線以外に発生する漂遊損の合計であり以下の低減対策が採られている。

（ｉ）銅材料の採用

巻線の導体には、アルミニウムか銅が使われている。銅の導電率は、アルミニウムより高いため抵抗損の低減に銅の採用拡大が行われている。巻線がコンパクトに出来ることから鉄心の小型化に効果を発揮している。

表Ⅰ．３アルミと銅の損失

材質	断面積	損失
アルミ	１００	１００
銅	７５	８３
	８５	７３
	９５	６５
	１００	６２

（ii）巻線の小型化と導体細分化

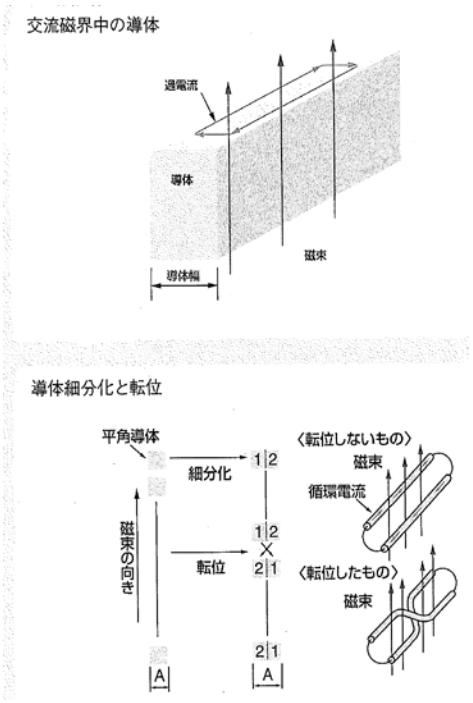
絶縁物の薄葉化（高強度紙、フィルム）等の絶縁技術、巻線の冷却技術、鉄心の小型化により巻線のコンパクト化が図られ、抵抗損を低減している。渦電流損は磁束に直角方向の導体幅に比例して増加することから導体を細分化し、更に導体転位を行い低減を図っている。

（iii）構造物の非磁性材使用

巻線や接続導体で流れる磁束により発生する漂遊損には鋼板の一部を非磁性材料のステンレスや絶縁物を使用し低減を図っている。

（iv）巻線断面積の増加

巻線導体の断面積を大きくし電流密度を下げることで抵抗損を小さくすることが出来る。この手法は巻線や鉄心の大形化に繋がるので、変圧器全体の最適設計により決定する。



図Ⅰ．１０体細分化と転位

Ⅱ．変圧器の出荷の状況について

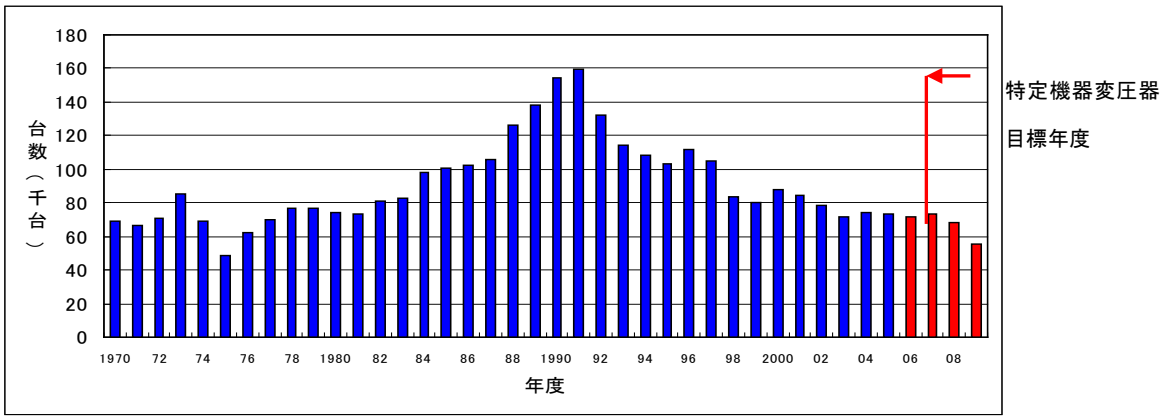
１．種類別の出荷状況

１．１　油入変圧器の状況

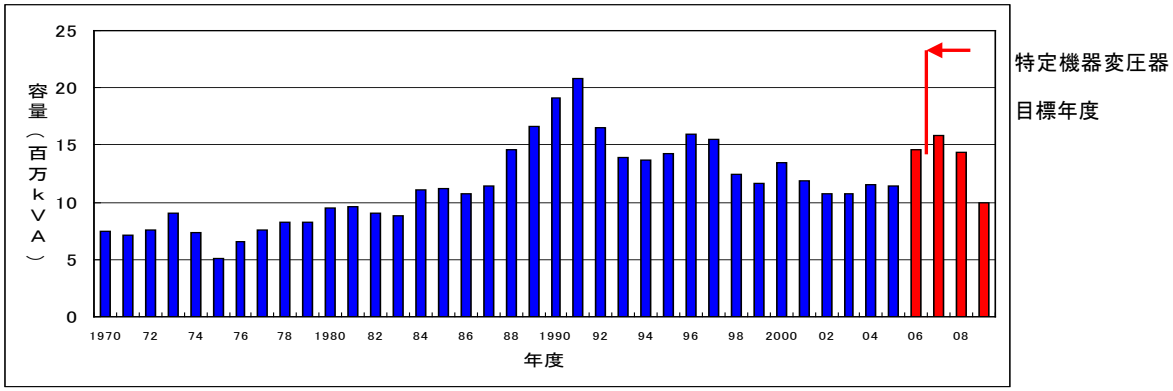
油入変圧器の生産は１９８０年代は順調に伸長を続けてきたが、設備投資の減少に伴い１９９１年の１６万台をピークに１９９９年には８万台に半減、２００８年には約７万台と、大幅な減少状況が続いている。

１台あたりの平均容量は１９９６～２０００年度の５年間で１４７ｋＶＡ、２００１～２００５年度の５年間で１４８ｋＶＡと横ばいであるのに対し、２００８年度では２０６ｋＶＡと大幅に増加している。

理由としては、設備の省エネ化を目的とした旧設備更新時の台数統合と容量の大型化、大型ショッピングセンター、半導体を中心とした工場建設が考えられる。したがって、延容量では回復してきたが、２００９年度は需要悪化が顕著になり、前年比３０%程度の減少が見込まれる。



図Ⅱ．１　油入変圧器・台数推移



図Ⅱ．２　油入変圧器・延容量数推移

出典：①経済産業省の生産動態統計調査、②一般社団法人日本電機工業会調査

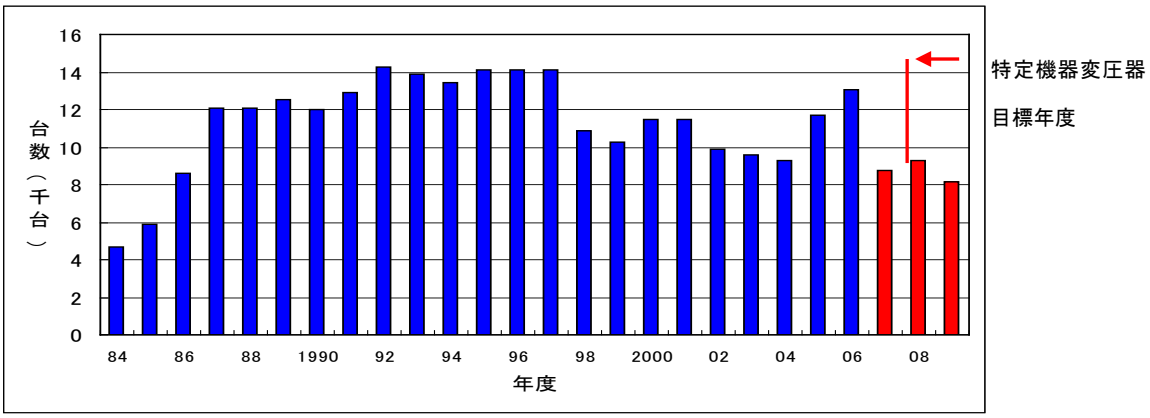
１．２　モールド変圧器の状況

モールド変圧器の生産は受配電設備の難燃化需要の拡大により、１９８７年以降１．２万台から１．４万台と安定した生産を継続していたが、１９９８年から急激な減少に見まわれた。

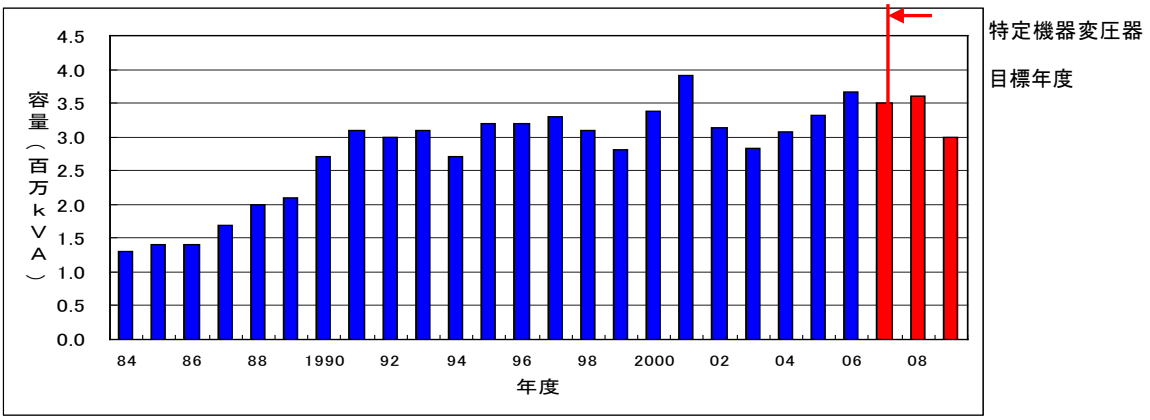
要因としてはビル、公共設備の着工の減少、価格が安価な油入変圧器に需要の一部が移行したことが推定される。その後、２００４年から２００６年には回復傾向が認められる。

一台あたりの平均容量は１９９７～２００１年度の５年間で２８３ｋＶＡ、２００２～２００６年度の５年間で３００ｋＶＡと若干の増加であるのに対し、２００８年度では３９２ｋＶＡと大幅に増加している。

理由として、空調機器のビルマルチ制御の普及に伴うフロア容量の増加、大規模ビル、大型データーベースセンタの建設が考えられる。したがって、延容量では回復してきたが、２００９年度は油入変圧器と同様に需要悪化が顕著になり、前年比２０%程度の減少が見込まれる。



図Ⅱ．３　モールド変圧器・台数推移



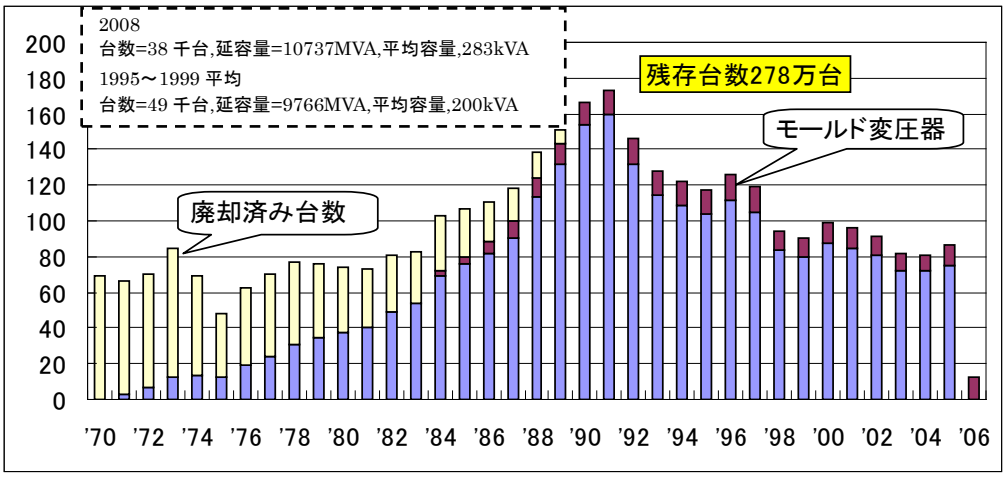
図Ⅱ．４　モールド変圧器・延容量推移

出典：①経済産業省の生産動態統計調査、②一般社団法人日本電機工業会調査

２．変圧器の設置台数の状況

変圧器の寿命は他の機器に比べ格段に長く、特定機器化以前の変圧器が多く運転されている。

変圧器の平均使用年数は油入変圧器で２６．２年、モールド変圧器で２５．７年と言われており、中には３０年を超過し運転されている変圧器も多く存在する。その理由として省エネの柱とした既設旧型設備更新は、景気の減速、低濃度ＰＣＢ無害化処理方策が不透明等の理由により停滞している。第１次判断基準を組入れたＪＩＳ Ｃ ４３０４、４３０６（２００５）以前のエネルギー消費効率の悪い変圧器の残存台数は２０１０年時点で２７８万台と推計される。この内、変圧器の更新推奨時期としている２０年を超過した変圧器は約９５万台が今なお使用されていると推計される。



図Ⅱ．５　第１次判断基準以前の変圧器の残存台数

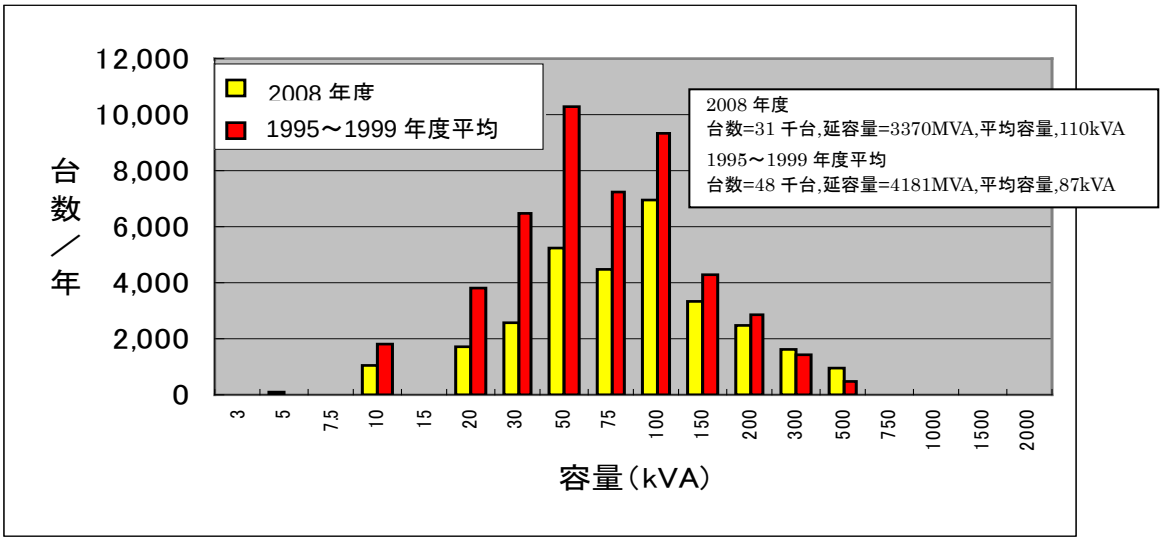
出典：一般社団法人日本電機工業会調査

３．容量別の出荷状況

容量別の出荷状況については、一般社団法人日本電機工業会の会員企業により容量別の出荷台数の調査を行った。

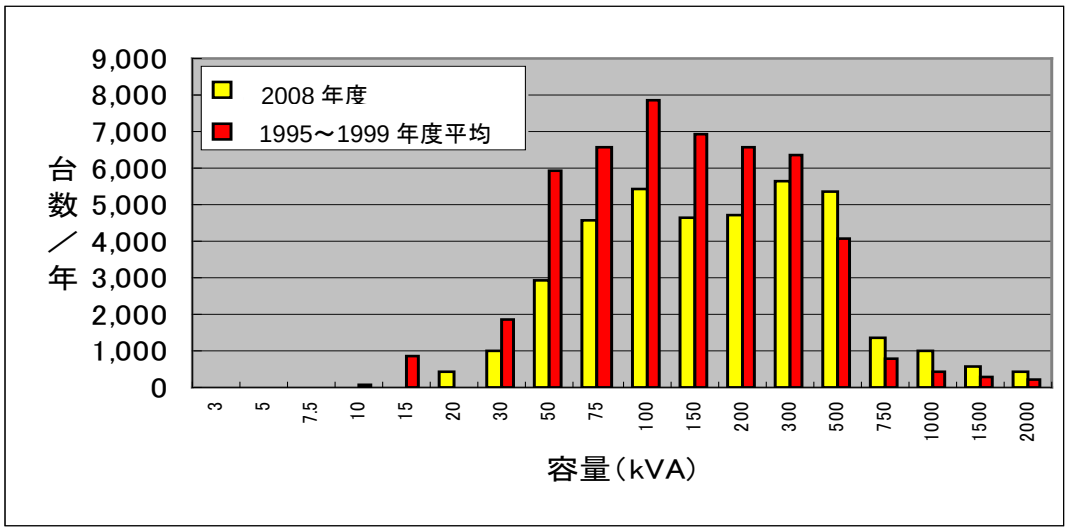
３．１油入変圧器の状況

２００８年度出荷実績では １９９５～１９９９年度の平均出荷台数に対し、単相２００ｋＶＡ以下及び三相３００ｋＶＡ以下の製造台数はいずれも減少し、単相３００ｋＶＡ及び三相５００ｋＶＡ以上においては増加し容量分布が大容量へ移行している。



図Ⅱ．６　変圧器（油入）２００８年度容量別出荷台数（単相）

出典：一般社団法人日本電機工業会調査

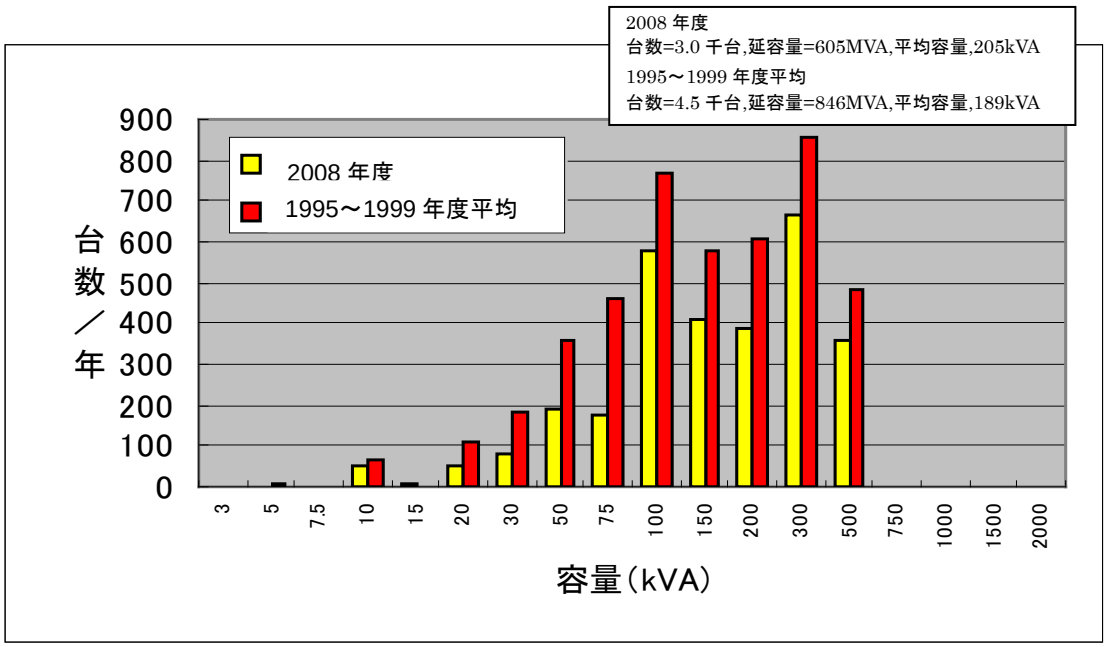


図Ⅱ．７　変圧器（油入）２００８年度容量別出荷台数（三相）

出典：一般社団法人日本電機工業会調査

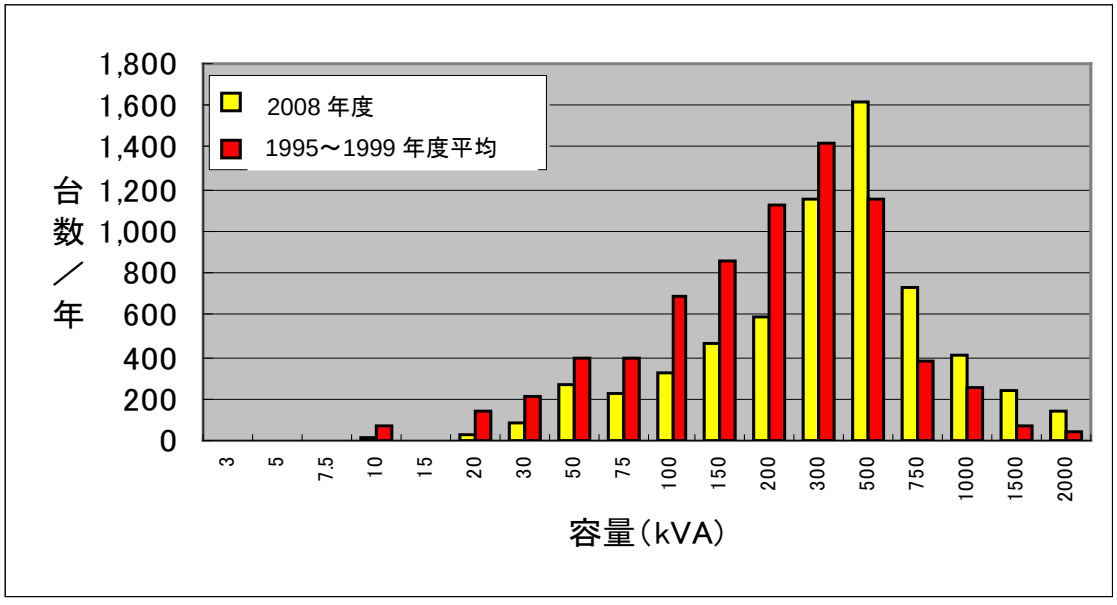
３．２　モールド変圧器の状況

２００８年度出荷実績では　１９９５～１９９９年度の平均出荷台数に対し、単相の全容量および三相の３００ｋＶＡ以下はいずれも製造台数が減少している。



図Ⅱ．８　変圧器（モールド）２００８年度容量別出荷台数（単相）

出典：一般社団法人日本電機工業会調査



図Ⅱ．９　変圧器（モールド）２００８年度容量別出荷台数（三相）

出典：一般社団法人日本電機工業会調査

参考２

変圧器の達成現状について

１．　達成状況について

（１）現行基準策定時の見込み改善率

１９９９年度出荷実績から得られた１台当たりの加重平均によるエネルギー消費効率は８１８Ｗであり、目標年度における出荷台数及び製品構成が変圧器のトップランナー基準策定当初と変化がないことを仮定し、目標基準値を加重平均して得られたエネルギー消費効率は５７０Ｗである。また、これらを踏まえ見込まれた想定改善率は３０．３％ となる。

（２）目標年度における改善実績

２００６年度に目標年度を迎えた油入変圧器について、エネルギー消費効率の出荷台数による加重平均値は、６３６Ｗとなり、また２００７年度に目標年度を迎えたモールド変圧器については１，３５０Ｗとなった。

これらを踏まえると、目標年度における出荷実績に基づくエネルギー消費効率の改善率は、変圧器全体の加重平均値７１１Ｗより次のとおり。

｛（８１８Ｗ ― ７１１Ｗ）／８１８Ｗ｝×１００　＝　１３．１％

達成状況において改善見込みを下回っているが、これは近年の出荷動向として設備に採用される変圧器の容量が大きくなってきていることに起因する。
２．において、製品構成を踏まえた評価につき、言及する。

２．　製品構成の変化について

（１）平均容量の推移について

変圧器の出荷台数による加重平均容量は油入変圧器、モールド変圧器共に大幅に増加しており、出荷傾向が定格容量の小さな製品から大きな製品へとシフトしていることを示している。

（２）定格容量別の改善率について

大容量の影響を除いて評価を行うため、定格容量別の改善率を算定し、その単純平均を表１に示す。

エネルギー消費効率の改善率は油入変圧器で３４．０%、モールド変圧器で２６．８%であり、変圧器全体としては３２．８%の改善となる。

したがって、各容量における変圧器の省エネ性能は製造事業者等の省エネルギーに対する努力の結果進展しており、トップランナー方式の考え方に基づく現行基準は効果的に機能していると考えられる。

表１　単相変圧器の定格容量別の改善率及び区分別単純平均

			油入変圧器		モールド変圧器	
相	容量（kVA）	周波数（Hz）	容量別改善率	区分別改善率	容量別改善率	区分別改善率
単相	10	50	20.7%	30.1%	34.6%	27.9%
	20		22.1%		35.9%	
	30		24.0%		32.3%	
	50		26.5%		29.2%	
	75		28.5%		29.1%	
	100		29.8%		29.4%	
	150		31.7%		28.3%	
	200		33.0%		27.3%	
	300		35.5%		27.7%	
	500		38.2%		26.3%	
	10	60	18.3%	30.7%	33.2%	28.6%
	20		21.1%		35.7%	
	30		24.6%		32.9%	
	50		26.2%		28.9%	
	75		28.9%		30.3%	
	100		30.1%		30.0%	
	150		32.7%		30.2%	
	200		34.1%		29.2%	
	300		36.9%		27.9%	
	500		39.0%		26.2%	

表２　三相変圧器の定格容量別の改善率及び区分別単純平均

			油入変圧器		モールド変圧器	
相	容量 （kVA）	周波数 （Hz）	容量別 改善率	区分別 改善率	容量別 改善率	区分別 改善率
三相	20	50	26.8%	34.0%	34.2%	26.6%
	30		26.4%		35.9%	
	50		27.3%		32.0%	
	75		30.0%		30.4%	
	100		31.3%		28.9%	
	150		32.8%		27.2%	
	200		34.1%		27.5%	
	300		35.9%		26.4%	
	500		38.5%		24.6%	
	750		36.6%		26.0%	
	1000		34.4%		25.9%	
	1500		32.9%		26.8%	
	2000		31.2%		27.9%	
	20	60	25.9%	36.6%	31.6%	25.9%
	30		26.9%		34.5%	
	50		29.4%		32.4%	
	75		31.7%		31.2%	
	100		33.4%		27.9%	
	150		35.0%		26.1%	
	200		37.3%		25.7%	
	300		39.3%		25.3%	
	500		41.4%		22.0%	
	750		37.7%		26.9%	
	1000		36.1%		27.7%	
	1500		36.1%		28.5%	
	2000		35.3%		29.5%	

※[1]　各データは一般日本電機工業会における 1999 年及び 2008 年度出荷実績調査に基づく

※[2]　JIS C4304 及びJIS C4306 に定める標準仕様品について整理

※[3]　区分別改善率については製品構成が 1999 年出荷台数ベースであった場合を仮定